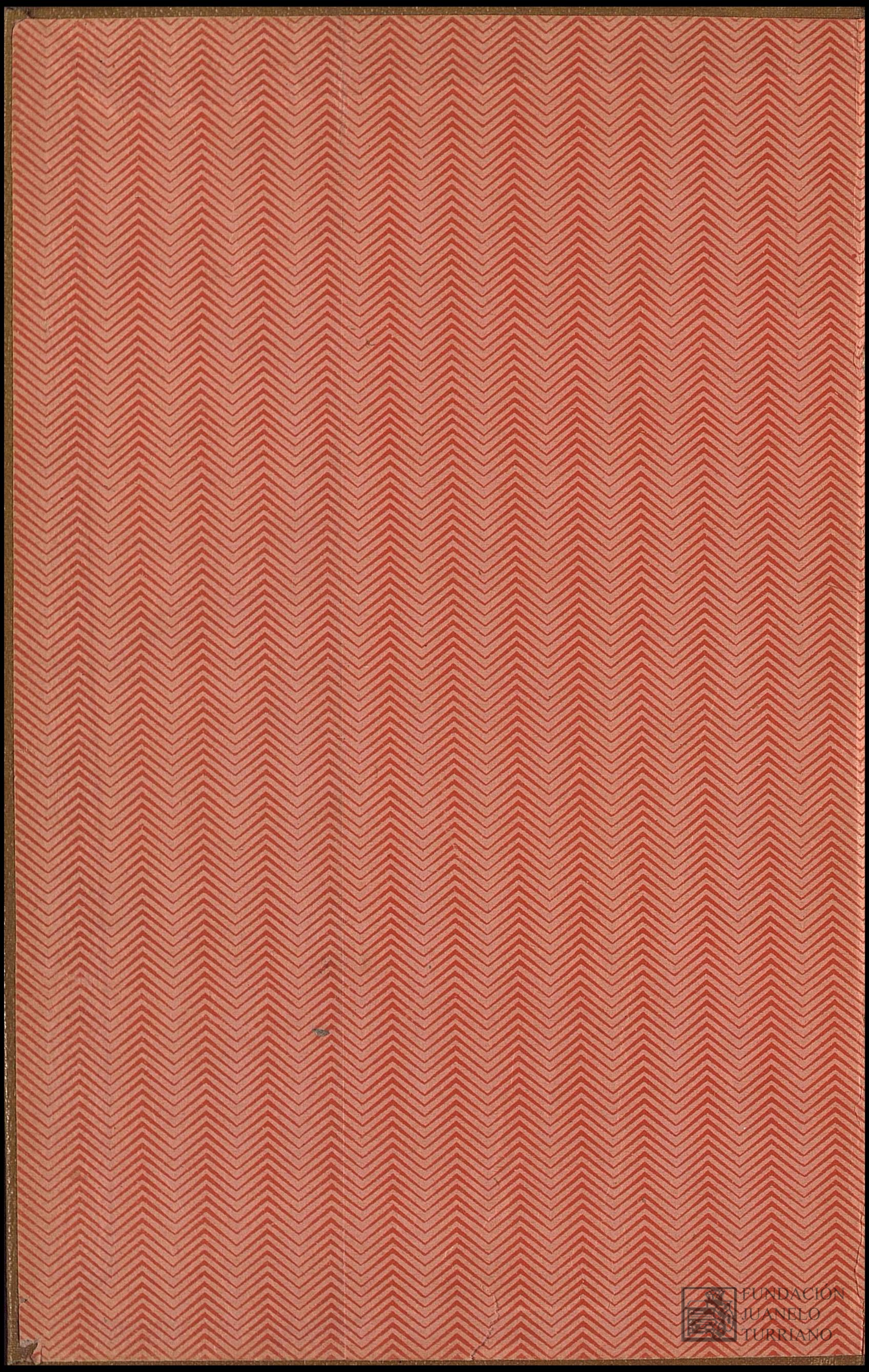
EMA
GUA








FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

EL PROBLEMA DEL AGUA




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

EL
PROBLEMA DEL AGUA

BREVES NOCIONES DE HIDRÁULICA AGRÍCOLA

CON UN EXTRACTO DE LA LEGISLACIÓN DE AGUAS

POR

Pedro M. González Quijano.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Quid dicam, jacto qui semine comminus arva
Insequitur, cumulosque ruit malè pinguis arenæ;
Deinde satis fluvium inducit rivosque sequentes;
Et, quum exustus ager morientibus æstuat herbis,
Ecce supercilio clivosi tramitis undam
Elicit? illa cadens raucum per levia murmur
Saxaciet, scatebrisque arentia temperat arva.

(GIORGICORUM, *Liber I, v. 104-110.*)



MADRID
LIBRERÍA EDITORIAL DE BAILLY-BAILLIERE É HIJOS
10 — Plaza de Santa Ana — 10
1906



MADRID, 1906.—Imprenta de Bailly-Baillière é Hijos, Cava alta 5.



PRÓLOGO

El contenido del presente libro es el mismo, con escasas variantes, que el de un curso breve de cinco Conferencias sobre *Hidráulica agrícola* explicado en el Ateneo científico, literario y artístico de Jerez de la Frontera durante el curso de 1904 á 1905.

Cediendo á indicaciones de algunos amigos me he decidido al fin á publicarlo, pensando que no sería quizá del todo inútil para llamar la atención sobre las complejas y delicadas cuestiones hidráulicas, siempre en España de palpitante actualidad, pero más especialmente en estos últimos años, cuando corrientes poderosas de opinión buscan por ese camino la solución al urgente problema de reconstituir las energías patrias, algo quebrantadas por los pasados desastres.

No crea, sin embargo, el lector que ha de encontrar en estas páginas la exposición completa y detallada del asunto, ni siquiera profundos estudios sobre algún importante aspecto de la cuestión. Ni su volumen autoriza á esperarlo ni



tal ha sido mi propósito, que bien conozco que, al haberlo intentado, no hubieran alcanzado las fuerzas á la altura de la intención.

Si estas cuestiones no le son extrañas, poco ó nada nuevo ha de encontrar aquí: si estima su tiempo, puede ahorrar la lectura. Pero si otros asuntos reclaman su atención habitual, y de las materias aquí tratadas sólo conoce poco más que el nombre, quizá pueda sacar de ella algunas ideas generales que le sirvan para juzgar en estas cuestiones con algún mayor conocimiento de causa.

Consecuente con el intento, he procurado reunir la concisión á la claridad y á la exactitud; pero no siempre es fácil asociar tan opuestas cualidades en trabajos, sobre todo de la índole del presente, en los que hay que evitar con cuidado el excesivo tecnicismo científico. Bastará que en tales casos la idea sugerida se acerque lo más posible á la realidad, sin provocar la formación de falsos conceptos. Téngalo en cuenta el lector inteligente y poco benévolo si, en alguna ocasión, le parece excedido el límite preciso de la más rigurosa exactitud.

Si contribuyera á despertar el interés por estos problemas, excitando á reflexionar sobre ellos, se habrían colmado con exceso los deseos de

El Autor.



PRIMERA PARTE

EL AGUA EN LA NATURALEZA

CAPÍTULO I

Composición y origen del agua.

El oxígeno y el hidrógeno.—Combinación y disociación.—Estados físicos del agua.—Los elementos del agua en la nebulosa primitiva.—Anillo planetario.—La aparición del agua.—Primeras lluvias.—Acción geológica del agua.

Si se introducen en un vaso con agua los extremos de los dos hilos de cobre que mantienen la incandescencia de una lamparilla eléctrica, una corriente se establece á través del líquido y se desprenden en las proximidades de los hilos burbujitas gaseosas. Si se recogen éstas en dos campanas de cristal, constituyendo el aparato que recibe el nombre de *voltímetro*, se observa que el gas que se desprende en el polo negativo es precisamente doble en volumen al desprendido en el mismo tiempo en el polo positivo. Si en el primer gas se introduce una cerilla encendida, el gas empieza á arder por su superficie libre, pero la cerilla se apaga; si, por el contrario, se introduce en el segundo, arde con vivísima llama. El primero es sobremanera ligero, y si se llena con él una burbuja de jabón, ésta se eleva; el segundo es más pesado que el aire: la burbuja de jabón, llena con él, cae. El primer gas recibe el nombre de *hidrógeno;* el segundo, el de *oxígeno*.



Si mezclamos los dos gases, en la misma proporción en que se han obtenido, en una campana de paredes suficientemente resistentes, y se introduce en la mezcla una cerilla encendida, una explosión se produce y las paredes del recipiente se cubren de unas ligeras gotitas de agua, cuyo volumen será igual al del agua desaparecida del vaso al principio de la experiencia. La interpretación de ésta es sencilla: el agua es un cuerpo compuesto de dos volúmenes de hidrógeno por uno de oxígeno: el paso de la corriente eléctrica lo descompone en sus elementos; la elevación de la temperatura producida por la cerilla determina su combinación.

El agua, como todos los cuerpos, puede presentarse en tres estados distintos, dependientes, en primer término, de la temperatura. Cuando ésta es inferior al cero termométrico, el agua se presenta sólida; entre cero y 100°, y á la presión normal, se encuentra de ordinario líquida; pero si esta última temperatura es alcanzada, el agua entra en ebullición, convirtiéndose rápidamente en vapor. Creciendo aún más la temperatura, los vapores se dilatan; á los 1.100° comienzan á disociarse, y á los 2.000° la disociación es completa y el agua deja de serlo para descomponerse en sus elementos.

Si, como la ciencia admite y los fenómenos conocidos parecen confirmar hasta ahora, los materiales de nuestro sistema planetario formaron parte, en remota época, de vasta nebulosa á elevadísima temperatura, allí se encontraron separados, seguramente, los elementos del agua que tal vez en época más remota brotaron del seno de la materia única que formaría quizá en su origen la nebulosa misma.

Disociados, probablemente pasaron dichos elementos á formar parte del anillo que, desprendiéndose del resto de la masa, había de constituir más tarde nuestro planeta, y sólo cuando la temperatura descendiera



á 2.000°, las primeras porciones de vapor de agua flotaron en nuestra atmósfera; atmósfera que entonces constituía la casi totalidad del planeta, pues sólo algunos escasos cuerpos habrían ya tomado la forma líquida, constituyendo hirviente mar de lava, precursor de los futuros Océanos.

Con el progreso del enfriamiento, la totalidad del hidrógeno llegó á combinarse con el oxígeno, quedando un sobrante de este último elemento, que había de alimentar más tarde la vida en la tierra. Más y más bajando la temperatura, formáronse las primeras gotitas líquidas en el seno de la densa atmósfera de las primeras épocas; pero quizá no llegaron todavía á la superficie del magma líquido inferior, en el que flotarían ya los trozos sólidos que habrían de constituir la primera corteza: la evaporación las desharía en el camino.

Terminado á favor del creciente enfriamiento el proceso de formación de la primitiva costra sólida y aislado de este modo el foco central, las lluvias pudieron llegar ya á la superficie del planeta y debieron formarse los primeros verdaderos mares que cubrieron quizá todo el globo, con la sola excepción de los pequeños islotes inestables que las revoluciones del núcleo interior hiciera levantar; mares enormes y á temperatura considerable que debían guardar en su seno proporciones mucho mayores de substancias salinas que los mares actuales.

El enfriamiento en tanto continuaba, y la corteza sólida, consolidándose y fortaleciéndose, sólo se veía ya agitada, de tarde en cuando, por las revoluciones del núcleo incandescente, menos frecuentes y menos poderosas cada vez, mientras que el agua, cayendo en torrenciales lluvias y arrastrando en rápida corriente los materiales de la superficie hasta verterlos en el fondo de los Océanos, modelaba los futuros continentes y for-



maba los terrenos que más tarde habían de subir á la superficie. La vida empieza entonces á desarrollarse, revistiendo formas cada vez más variadas, y también el agua influía en ella considerablemente, prestándole materia ó sirviéndola de habitación.

No es posible, dentro de los límites que nos hemos impuesto, seguir, ni aun rápidamente, los pasos de la evolución de la vida en la tierra, lo que además nos alejaría demasiado del objeto de nuestro estudio; pero baste recordar que en todas las épocas el agua ha jugado, sobre nuestro globo, papel importantísimo y á veces preponderante. Formándose al nacer del planeta, le servirá de inmenso sudario cuando, yerto y sin vida, atraviese solitario y mudo las soledades del espacio, buscando quizá, en conflagración gigantesca, el soplo vivificante que devuelva su materia á la forma nebular de donde naciera, para arrojarla de nuevo en el torrente de la vida universal.

CAPÍTULO II

Los cambios de estado y los movimientos del agua.

Fusión y congelación.—Condensación y vaporización.—Higroscopicidad y delicuescencia.—Los movimientos del agua.—Fuerzas motoras.—Obstáculos directores.—Fuerzas resistentes.—Repartición del agua en el planeta.—El mar.—La atmósfera.—La tierra.—El agua en los seres vivos.

Los fenómenos más importantes á que da lugar la actual distribución del agua sobre el planeta, son los cambios de estado y los cambios de posición. Ya hemos hecho alusión á los primeros, aunque sin entrar en detalles respecto á las leyes que los rigen: los segundos son, en gran parte, la consecuencia de aquéllos, pues dependen, principalmente, de la densidad distinta que el agua presenta en cada uno de los distintos estados. Examinemos ahora con algún detalle las leyes que rigen unos y otros cambios.

La temperatura es, como hemos dicho, la causa principal de los cambios de estado. Cuando baja hasta el cero termométrico, el agua se solidifica, pero esto sólo ocurre cuando es pura. Las substancias salinas que impurifican el agua rebajan su punto de solidificación: en el mismo sentido influye la presión, aunque en proporción casi insignificante. Mientras la solidificación dura, la temperatura del agua permanece la misma; pero como constantemente pierde calor, pues de lo con-



trario el fenómeno se detendría, dedúcese que, para solidificarse, el agua devuelve, bajo esta forma, la energía que la mantenía líquida. Parece como si se defendiera contra el cambio de estado, siendo ejemplo notable de ese juego constante de acciones y reacciones que por todas partes se presenta como una ley general del universo.

Al contrario de lo que ocurre en la mayoría de los cuerpos, el agua, al congelarse, aumenta de volumen, su densidad disminuye y queda flotando sobre la superficie de la parte aún líquida, formando una capa que sirve de protección al resto, si, como es el caso ordinario, el enfriamiento tiene lugar por la parte superior.

Cuando la temperatura varía en orden inverso, fenómenos análogos, aunque contrarios, tienen lugar. El hielo se funde á igual temperatura á que se forma, y, al fundirse, su densidad aumenta y su temperatura queda invariable, siendo ahora absorbida una cantidad de calor exactamente igual á la que se desprendiera en el momento de la congelación. Repítese aquí también el mismo fenómeno de resistencia al cambio, y se presenta el agua también aquí defensora *de los intereses creados y de los derechos adquiridos*.

El paso del estado líquido al de vapor es más complicado en su aspecto general. También aquí la temperatura ejerce función preponderante; pero la presión adquiere una importancia mucho mayor, y hasta parece que el estado líquido no puede subsistir sino gracias á la presión. En el vacío, el agua hierve á todas las temperaturas, deteniéndose sólo el fenómeno cuando, perdiendo calor á consecuencia de la evaporación, pasa el agua al estado sólido. Ni aun entonces deja de emitir vapores, pero en cantidades menores cada vez, aunque todavía apreciables á 30° bajo cero.



Si se efectúa la experiencia en un espacio limitado y primitivamente vacío, el que queda, por ejemplo, entre el extremo cerrado del tubo del barómetro y la superficie del mercurio que contiene, los vapores formados irán progresivamente aumentando la presión hasta que ésta llega á un límite, que es distinto para cada temperatura, á partir del cual la ebullición cesa, y con ella toda nueva emisión de vapores que no llegan á formarse, á menos que la temperatura aumente ó disminuya la presión: si, por el contrario, disminuyera la temperatura ó la presión aumentase, se formarán inmediatamente gotitas líquidas que irían á depositarse sobre las paredes del tubo ó sobre la superficie del mercurio. Cuando se ha alcanzado este estado de equilibrio, que sólo puede alterarse en uno ú otro sentido por el cambio de las condiciones de ambiente, se dice que el espacio se encuentra *saturado de vapor*.

Si el espacio en que tiene lugar la experiencia no está vacío, sino lleno de aire seco, el agua que en él se introduzca emitirá vapores hasta que la cantidad de éstos sea igual á la que se formaría á la misma temperatura en un espacio vacío de iguales dimensiones. Cuando esto ocurre, se dice que el aire se encuentra *saturado de humedad*, y los cambios de presión y de temperatura acarrean fenómenos idénticos á los señalados en el caso anterior. Del uno al otro no hay más diferencia sino que aquí la formación de vapores no siempre va acompañada de ebullición, verificándose sólo este fenómeno cuando es tal la temperatura que la presión de saturación llega á igualar á la del aire del recipiente; temperatura que corresponde á los 100° del termómetro centígrado cuando la presión del aire es la normal de la atmósfera.

Si suponemos que el recipiente lleno de aire no saturado se agranda indefinidamente, de modo que no



puedan influir sensiblemente en su humedad los vapores producidos, la evaporación, si la temperatura no varía, continuará con igual intensidad hasta la total desaparición del líquido. La rapidez del fenómeno crece en este caso con la superficie libre del líquido y con el alejamiento del punto de saturación, y disminuye cuando la presión aumenta. La agitación del aire puede también influir favoreciendo el fenómeno, aunque sólo en cuanto por este medio se renuevan las capas inmediatas á la superficie líquida que, á pesar de la tendencia de los vapores á elevarse, podrían cargarse de humedad más que el resto del aire si éste permaneciera en calma.

Al evaporarse el agua se enfría, rebajando, por consiguiente, la tensión de saturación y oponiéndose á la continuación del fenómeno. Al mismo tiempo, al convertirse en vapor, el agua aumenta considerablemente de volumen, disminuyendo, por lo tanto, su densidad: el vapor ocupa, en efecto, á la presión ordinaria, un volumen 1.700 veces mayor que el que tenía en estado líquido, y su peso está con el del aire en la relación aproximada de 3 á 5. Como consecuencia de esto tiende el vapor á subir en el aire y á extenderse en él, disminuyendo su transparencia para el calor y oponiéndose también por este medio al cambio de estado.

Cuanto hemos dicho respecto á la evaporación, se refiere al agua en masas continuas de extensión bien apreciable; porque cuando se encuentra en un gran estado de división, ya en gotitas impalpables, como en la niebla, ya mojando ó humedeciendo los cuerpos porosos, en láminas delgadas como en la espuma ó en recipientes capilares, los fenómenos se complican con las nuevas fuerzas que entran en juego, retardándose unas veces bajo la influencia de la avidez con que ciertas substancias, llamadas higroscópicas, parecen retener el



agua, y acelerándose otras por la enorme extensión de las superficies que se presentan al aire.

Es á veces notable la cantidad de agua que encierran cuerpos al parecer secos, y que se pone de relieve por la disminución de peso que experimentan después de ser mantenidos por algunas horas en una estufa á la temperatura de 110° por lo menos. Más patente es aún el fenómeno en algunas sales (muchos cloruros entre ellas, y especialmente el de calcio), que, lejos de perder su humedad, la roban de aires saturados, disolviéndose en ella, dando lugar al fenómeno conocido con el nombre de *delicuescencia,* que algunas veces se observa en la sal común, aunque dependiendo de ordinario, en este caso, de las impurezas que contiene, y en particular del cloruro magnésico. Como ejemplo del efecto contrario puede citarse la rapidez con que se disipan en ocasiones, bajo la influencia del sol, las espesas nieblas que con frecuencia se forman en el fondo de los valles.

Cuando en un espacio saturado disminuye la temperatura ó aumenta la presión, los vapores se condensan tomando de nuevo la forma líquida y reproduciéndose, aunque en sentido contrario, todos los fenómenos que, al tratar de la evaporación, acabamos de enumerar, pues la mayoría de estos cambios tienen el carácter de reversibles.

Hemos visto cómo los cambios de estado llevan consigo cambios de densidad, en virtud de los cuales tiende el vapor á subir constantemente en la atmósfera y el agua líquida á alcanzar el más bajo posible de todos los niveles. Estos movimientos verticales son, naturalmente, detenidos: los del agua, por los cuerpos sólidos é impermeables que, impidiéndola el paso, la obligan á deslizar sobre su superficie siguiendo las líneas de máxima pendiente, ó á permanecer en el fondo de las mayores depresiones; y los del vapor, por las temperaturas



decrecientes de las capas atmosféricas, que las hacen cada vez menos capaces de recibir la humedad.

Aparte de estos movimientos, tienden los vapores á diluirse en el aire repartiéndose en él uniformemente, fenómeno que se denomina *difusión,* y pueden también ser arrastrados por las corrientes aéreas producidas por la desigualdad de presiones en los distintos puntos de la atmósfera. El agua tiende, á su vez, á humedecer y empapar los cuerpos que moja, introduciéndose en sus poros por *capilaridad*, y puede también, cuando se encuentra en masas considerables, ser puesta en movimiento por las diferencias de densidad que determinan las temperaturas diversas de sus distintos puntos.

Á la acción de todas estas fuerzas, que podemos considerar como motoras, se oponen otras que, sin ser capaces de producir movimientos, se resisten á permitirlas. Tales son los rozamientos que pueden tener su origen en el interior de los líquidos y vapores ó producirse en las superficies que los separan de los cuerpos con quienes se encuentran en contacto. Unos y otros son el resultado del enlace más ó menos íntimo que siempre existe entre las partículas que constituyen los cuerpos, y representan aquí también esa acción conservadora que, bajo una ú otra forma, aspira siempre á mantener el estado de cosas existente.

En cuanto al hielo, sus movimientos se encuentran regidos por las mismas leyes que los del agua líquida, de la que sólo se diferencia por la cohesión que existe entre sus partículas, que aumenta considerablemente los rozamientos interiores y reduce las velocidades á límites muy pequeños y á menudo imperceptibles.

Obedeciendo á tan distintas causas, el agua se distribuye y circula sobre la superficie de nuestro planeta, en el cual podemos considerar tres enormes depósitos de agua: el mar, la atmósfera y la tierra. Ocupa el pri-



mero las mayores depresiones del globo, y en él se encuentra el agua bajo la forma líquida, á excepción tan sólo de los dos casquetes polares, donde ni aun en la estación más calurosa consiguen los rayos de un sol poniente elevar la temperatura por encima del punto de fusión del hielo.

La atmósfera, aun en los parajes más secos, contiene también considerables cantidades de agua en estado de vapor. Un metro cúbico de aire á 20° bajo cero puede contener, sin saturarse, cerca de un gramo de vapor de agua; á cero grados, la proporción puede elevarse hasta cinco gramos; entre 10° y 30°, el mismo metro cúbico puede contener, próximamente, tantos gramos de vapor como grados de temperatura; pero á partir de este límite, la capacidad de saturación se eleva mucho más rápidamente que el termómetro. Estas diferencias que en la máxima tensión del vapor determina la temperatura, explican el hecho, á primera vista paradógico, de que pueda existir mayor cantidad de agua en el aire, en un día seco y caluroso del verano, que en otro de invierno nebuloso y frío.

Las cifras citadas son sólo un máximo, pues se refieren al punto de saturación que sólo es alcanzado en tiempos de lluvia. Sin embargo, se encuentra de ordinario muy próximo á este límite el aire de los mares y el de muchas costas, debiéndose á esta causa principalmente las frecuentes nieblas de Inglaterra é Irlanda. En las estepas del Asia Central el aire es, en cambio, extremadamente seco, aunque todavía contiene del 15 al 20 por 100 del vapor de que es capaz. En nuestros climas es bastante frecuente la proporción de 72 por 100, y se admite que, como término medio, la atmósfera continental encierra las tres quintas partes del vapor que la saturaría; relación que está de acuerdo con la extensión relativa de continentes y mares.



Por accidente pueden encontrarse también en la atmósfera cantidades relativamente pequeñas de agua sólida ó líquida en un estado de gran división; pero esta situación es siempre transitoria y el agua sale pronto de ella, volviendo al estado de vapor ó precipitándose sobre la superficie de la tierra.

Es este el tercer gran depósito de agua y el que más nos interesa para nuestro objeto. Encuéntrase aquí, principalmente, bajo formas sólida y líquida: se la ve sólida en las cimas de las más altas montañas, aun en la zona tórrida. En el Ecuador es permanente la nieve desde alturas muy próximas á 5.000 metros; pero en nuestros climas esta altura se reduce á unos 3.000 próximamente, y baja al nivel del mar hacia los 75° de latitud: desde aquí al Polo, son los hielos los que dominan la tierra.

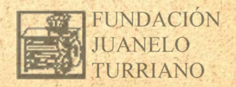
Líquida, forma el agua masas de cierta extensión y sensiblemente estacionarias en los lagos superficiales y depósitos subterráneos; preséntase en movimiento en los manantiales, torrentes, arroyos y ríos, y aun corre oculta bajo la superficie del suelo, denunciándose estas corrientes por los pozos ordinarios y artesianos. Humedece también, y en proporciones mayores de lo que comunmente se cree, las tierras y las rocas, y ocupa los huecos que dejan sus granos, los cuales pueden llegar á representar un volumen del 30 por 100 del total. Conocida es la avidez con que absorben el agua las arcillas que, reblandeciéndose al embeberla, se convierten en fango: el carbonato de cal, sobre todo si se encuentra en estado pulverulento, puede retener hasta los $\frac{9}{10}$ de su peso seco, y hasta dos veces éste pueden llegar á encerrar los terrenos turbosos, aunque lo pierdan después prontamente al encontrarse en circunstancias favorables para su desecación. Si bien no en tanta proporción,



también pueden absorber cantidades notables de agua las rocas en masas, y algunas, como la piedra pómez de Canarias, pueden llegar á contener hasta un peso de agua mayor que el suyo (1).

Forma asimismo el agua parte importantísima de los cuerpos vivos. En una planta ordinaria, en pleno crecimiento, la relación entre el peso seco y el peso vivo oscila entre $\frac{1}{5}$ y $\frac{1}{3}$, y en los hongos esta misma relación desciende hasta $\frac{1}{10}$ y aun $\frac{1}{20}$, que se eleva en cambio hasta $\frac{8}{9}$ para los granos. En los animales, las cantidades de agua son también considerables, y la proporción de 75 por 100 es, con frecuencia, alcanzada.

(1) Bentabol. *Las aguas de España y Portugal,* pág. 111.



CAPÍTULO III

Meteoros acuosos.

Evaporación y desecación.—La evaporación en las grandes superficies.—Vaporización orgánica: su importancia.—Precipitaciones atmosféricas.—La lluvia y su medida.—Causas que influyen en la cantidad de agua llovida.—Pretendida influencia de los bosques.—Otros meteoros acuosos.—Distribución de la lluvia.—Previsión del tiempo.—Periodicidad sospechada de la lluvia.

Bajo la influencia del calor solar, las aguas todas del mar y de la tierra tienden á evaporarse por su superficie libre, sin que el fenómeno tenga otro límite que el punto de saturación del aire, aunque en su intensidad influyan todas las causas que antes hemos mencionado. Mídese de ordinario la evaporación por el descenso de nivel que experimenta el agua en una vasija abierta. Los números encontrados de este modo varían mucho de una á otra época del año y de uno á otro año, aun en el mismo sitio; nula casi en los días lluviosos, llega la evaporación diaria en las costas de la India hasta cerca de 19 milímetros, y no es raro verla llegar en Andalucía hasta 15 y aun pasar de esta cifra en los días calurosos del verano. Durante el año puede llegar á alcanzar, por término medio, en algunas localidades, hasta unos 2.600 milímetros.

No hay que dar, sin embargo, á estas cifras un valor absoluto ni extender á grandes masas de agua los resultados obtenidos en pequeños recipientes. Es cierto



que la evaporación es proporcional á las superficies, pero esto es sólo á igualdad de las demás condiciones; y si la superficie es muy grande, no es fácil que, en todos sus puntos, la temperatura sea la misma ni idéntico el grado de humedad del aire. Cuando se trata de una pequeña vasija, los vapores que se forman se difunden con relativa rapidez, y el agua recupera pronto del ambiente el calor que por la evaporación pierde; pero cuando la superficie del líquido es extensa, la difusión se encontrará entorpecida hacia el centro, donde forzosamente habrá de reinar una humedad mayor; y disminuyendo también por causas análogas la temperatura, la evaporación resultante deberá encontrarse inferior á la que se deduciría de lo observado en la primera experiencia. Si vientos fuertes y secos barren la superficie del agua, la primera de las causas citadas puede casi desaparecer, y el oleaje que levantan, aumentando la superficie evaporatoria, puede, en parte, compensar la segunda, pero de ordinario nunca se llega á igualar la evaporación en vasos pequeños, que puede, por consiguiente, considerarse en todos los casos como un límite máximo.

También el agua que empapa las tierras y rocas tiende á convertirse en vapor cuando su temperatura aumenta y el grado de humedad del aire lo consiente, pero la intensidad del fenómeno es bastante inferior que la que tiene lugar en el caso estudiado. De las experiencias hechas en Orange por el Conde de Gasparín se deduce que la cantidad de agua evaporada por una cierta extensión de tierra excede rara vez del cuarto de la que evapora en el mismo tiempo una superficie líquida de iguales dimensiones, y que la proporción desciende con frecuencia hasta á un décimo, aun con temperaturas medias de 23° á 24°.

Otro de los orígenes terrestres del vapor de agua at-



mosférico, es la vida. Animales y vegetales devuelven á la atmósfera, bajo forma de vapor, parte del agua que consumieron líquida ó que han producido á consecuencia de las reacciones orgánicas. En algunos casos, el fenómeno es perfectamente aparente y se ven los vapores desprenderse de la superficie misma del animal ó entre los gases de su respiración, como ocurre con frecuencia en invierno. En los vegetales puede determinarse con gran precisión la intensidad del fenómeno introduciendo el extremo de la planta ú órgano de la misma que se quiere estudiar, en una de las ramas de un tubo en *U*, midiéndose en la otra la cantidad del agua desaparecida.

Dedúcese de estas mediciones que la emisión de vapores por los vegetales obedece á dos fenómenos distintos, que reciben los nombres de *transpiración* y *clorovaporización*. El primero es común á todas las plantas y á todos y cada uno de los órganos aéreos de las mismas; el segundo sólo tiene lugar bajo la influencia de la luz en los tejidos que deben á la clorofila su color verde. Uno y otro fenómeno parecen aumentar con el calor y con la luz, dentro de los límites naturales de existencia de la planta. Influye también la naturaleza de ésta, siendo mayor en las plantas herbáceas, y en particular en las gramíneas, menor en los árboles de hoja caduca y mínima en los de hoja perenne y en los vegetales de hojas carnosas, como el nopal ó higuera chumba y la pita. En la misma planta es también mayor en las hojas que en el tallo y las ramas, y aun en los mismos órganos varía con la edad, siendo máxima la intensidad en el momento en que terminan su crecimiento.

Estas influencias y su manera de obrar establecen una diferencia marcada entre estos fenómenos y los que estudiamos al tratar de la evaporación. Y, en efecto, si por cualquier medio se llega á matar la planta, casi



todas aquellas influencias desaparecen, pero la emisión de vapores continúa. Se trata ahora de una simple evaporación, y la intensidad del fenómeno aumenta.

Para estudiar separadamente la parte que la transpiración y la clorovaporización toman en la producción de vapores, es necesario poder eliminar la acción clorofiliana, y esto se consigue operando en la obscuridad ó con plantas en las que la clorofila no se haya aún desarrollado, ó mejor suprimiendo la actividad de dicho principio por medio de los vapores de éter ó de cloroformo. Operando así, se observa que en los vegetales verdes es la clorovaporización el fenómeno más importante, hasta el punto de que en el trigo la cantidad de vapores formados bajo su influencia es treinta y nueve veces mayor que los desprendidos á favor de la transpiración.

La cantidad total de vapores que por una ú otra causa pasa á la atmósfera, es muy considerable, y se podrá formar idea de ella por algunas cifras. Una planta de avena desprende, durante su período vegetativo, 2,278 kilogramos de agua, lo que equivale á 25 metros cúbicos diarios para una hectárea conteniendo un millón de plantas. Una hectárea de maíz, con treinta plantas por metro cuadrado, puede vaporizar diariamente 36,3 metros cúbicos, y 20 otra de coles con plantas á 0,50 metros de distancia mutua. Por último, un solo roble puede en cinco meses desprender, por sus setecientas mil hojas, poco más de 111 metros cúbicos. Pero si son un foco de formación de vapores, las plantas, en cambio, protegen el suelo contra la acción del sol y de los vientos y disminuyen su desecación, formándose de este modo una reserva con que subvenir á sus necesidades futuras.

Si la atmósfera no devolviera, bajo una ú otra forma, á los continentes y á los mares el vapor de agua que de



ellos recibe, llegaría al fin á saturarse, y los fenómenos que hemos enumerado cesarían por completo. No sucede así, sin embargo: paralelamente con estos fenómenos de vaporización, otros de condensación tienen lugar allí donde la llegada de vientos húmedos ó los rápidos descensos de temperatura hacen alcanzar al aire su punto de saturación, y entonces, según que la temperatura sea superior ó inferior á cero, que los cambios sean más ó menos bruscos y los nuevos estados más ó menos duraderos, y que las fuerzas eléctricas intervengan con más ó menos intensidad en los fenómenos, el vapor de agua se precipita, ya bajo forma líquida, como en la lluvia, la niebla y el rocío, ó bajo forma sólida, como en la nieve, la escarcha y el granizo.

De todos estos fenómenos, y en particular en nuestro clima, la lluvia es el más importante, el tipo de las precipitaciones atmosféricas, y, tan conocido, que no hay para qué detenerse á describirlo. Mídese su intensidad por la altura que el agua alcanzaría sobre un suelo horizontal é impermeable, y se aprecia por medio del *pluvímetro*, aparato que consiste esencialmente en un depósito donde se recogen y resguardan de la evaporación las aguas que caen sobre un embudo de superficie receptora conocida.

Las alturas así medidas varían entre límites muy extensos. Nula ó insignificante en las regiones desérticas del alto Egipto, el Sahara, la Libia, Arabia, Mongolia, California, costa del Perú é interior de Australia, alcanza la lluvia alturas de 500 milímetros á 1,50 metros en las regiones templadas de Europa, llega en algunos sitios, como en Cherra-Ponjie, en la India, á 15,75 metros, y aun parece que excede de esta cifra en algunas localidades de Colombia.

Entre las causas que influyen en el fenómeno, cuéntanse, en primer término, las variaciones diurnas y



anuales de la temperatura, debidas á la rotación y traslación terrestres. Evaporándose en las horas de más calor las aguas superficiales, y ascendiendo en la atmósfera hasta encontrar regiones cada vez más frías, y, por consiguiente, más fácilmente saturables, se formará naturalmente la lluvia al descender la temperatura. Con tal regularidad ocurren las cosas en la zona de calmas ecuatoriales, que el chubasco se presenta á hora fija, ordinariamente á las dos ó las tres de la tarde, y de tal modo se le espera, que hasta se cita en algunas localidades á las reuniones de sociedad *para después del aguacero*.

Pero de ordinario el fenómeno es más complicado. No suelen los vapores precipitarse en el mismo lugar donde se formaron, sino que, transportados por los vientos, son conducidos á regiones de mayor ó menor temperatura, encontrando en lugares, á veces muy lejanos, el punto de saturación. De aquí que la lluvia se presente en cada localidad preferentemente con determinados vientos: los más húmedos ó los más calientes, que, al enfriarse, ceden su humedad.

Es, por lo común, más abundante la lluvia en las regiones montañosas, donde la temperatura es menos elevada, que en las llanuras bajas, circunstancia que explica el hecho, observado con frecuencia por los campesinos, de que las altas cimas se rodeen de un nimbo de nubes cuando el mal tiempo se avecina, lo que da origen en las distintas localidades á una porción de refranes meteorológicos.

Cuando los vientos han descargado su humedad, difícilmente podrán ya provocar lluvias, á menos de recuperarla en la proximidad de grandes masas de agua. Esta es la causa de la desigual precipitación atmosférica sobre las dos vertientes de una cadena de montañas, si se encuentra orientada en dirección perpen-



dicular á los vientos dominantes, y por la misma razón suele decrecer la lluvia, á igualdad de las demás condiciones, á medida que aumenta la distancia á la costa.

También la presión atmosférica parece influir en el fenómeno, especialmente por la relación que guarda con los vientos y con la temperatura, lo que explica la incertidumbre de las indicaciones barométricas.

Finalmente, á los bosques se les ha dado por algunos exagerada importancia, y aún no está fallado el litigio entre las encontradas opiniones. No parece, sin embargo, que puedan tener influencia alguna en las causas generales de la lluvia, pues ni han de aumentar la cantidad de agua evaporada en los Océanos la más importante fuente de la humedad atmosférica, ni han de cambiar la dirección de los vientos generales. Podrá suceder que alteren, en proporciones mínimas, la distribución local de la lluvia, pero si la aumentan en un sitio será á costa de disminuirla en otro, pues los bosques no producen agua. No es esto negar la importancia de los bosques; tiénenla, y grande, para la defensa del terreno contra las degradaciones del agua, para la conservación de la humedad disminuyendo la evaporación en el suelo, como elemento de riqueza, allí donde no es fácil ó conveniente desarrollar otros; pero no hay por qué exagerar las ventajas ilusorias cuando las hay reales.

Cifras y casos se citan, sin embargo, para todos los gustos, y no he de detenerme aquí á hacer su crítica, pues observaciones incompletas y fragmentarias no pueden servir de base para ningún cálculo serio. Nunca se podrá deducir por ellas si llueve porque hay árboles ó hay árboles donde llueve.

Para que la lluvia se produzca es preciso que las gotitas de vapor condensado adquieran volumen suficien-

te para vencer la resistencia que el aire les opone; si así no ocurre, son el juguete del viento, y aun en el aire en calma no descienden sino con una gran lentitud, formando grandes masas que reciben el nombre de *nubes* cuando se encuentran á cierta altura en la atmósfera, y el de *niebla* cuando tocan á tierra. Tan pequeño es el diámetro de estos impalpables corpúsculos líquidos, que se necesitarían por lo menos 25 ó 30 para formar un milímetro de espesor.

Si el aire no se encuentra saturado por debajo de la nube, ésta, en su lenta caída, se evapora y se desvanece sin lluvia, ó bien se mantiene invariable, al parecer, si es alimentada por la evaporación inferior. Si así no ocurre, la lluvia se produce al cabo, y como la condensación origina calor, el punto de saturación se aleja y la atmósfera inferior se limpia, hasta que sobreviene un nuevo chubasco.

En ocasiones no llega el aire á saturarse sino al contacto de los cuerpos sólidos que por radiación se han enfriado más que él, y entonces es sobre ellos sobre los que deposita su humedad en forma de *rocío*. Otras veces la condensación se produce por los cuerpos higroscópicos y substancias delicuescentes, aun sin que el aire llegue á saturarse, como ya hemos dicho antes.

Las precipitaciones sólidas no se distinguen esencialmente de las líquidas. La nieve sustituye á la lluvia y la escarcha al rocío, y hasta la niebla tiene también su equivalente en algunos cirros altos formados por débiles agujitas de hielo.

En cuanto al granizo, es fenómeno cuyas causas no se encuentran en la actualidad completamente determinadas, aunque parece que en él intervenga la electricidad atmosférica de modo preponderante, pues de ordinario su producción sólo tiene lugar en las tormentas. Créese que, para que se verifique el fenómeno, es



precisa la presencia de nubes cargadas de electricidades contrarias, y que los granizos se forman y aumentan de volumen por el movimiento de vaivén á que las atracciones y repulsiones de ambas nubes los someten. Cualquiera que sea su causa, puede, en ocasiones, este meteoro adquirir intensidad extraordinaria, y, aunque de corta duración y de efectos puramente locales, sus estragos pueden llegar á ser considerables, destruyendo cosechas y causando daños de importancia en las construcciones, en los ganados y aun en las personas. Cae comunmente cuando la temperatura es sofocante, y su formación va precedida á veces de un fuerte ruido.

El granizo y la nieve se miden del mismo modo que la lluvia, por medio del pluvímetro, y generalmente con ella se engloban en una cifra única. El rocío y la escarcha son de más difícil apreciación, pues lejos de distribuirse con igualdad sobre una zona más ó menos extensa, dependen en su repartición de una porción de influencias, que, como la forma de los cuerpos, su poder radiante, su mayor ó menor conductibilidad y hasta su capacidad calorífica, tanta importancia pueden tener en su enfriamiento. Esto hace que se carezca de datos precisos respecto á la cantidad de agua precipitada de la atmósfera por estos meteoros, aunque se sabe que pueden, en ocasiones, sustituir á la lluvia, como ocurre de ordinario entre los trópicos durante la estación seca; y aun en nuestros climas, en las inmediaciones de la costa, el fenómeno tiene bastante importancia, sobre todo en el verano. Como término medio puede calcularse en una sexta parte próximamente de la lluvia la cantidad de agua que el rocío proporciona sobre las costas de la Europa occidental.

El movimiento anual del globo y la desigual distribución del calor sobre su superficie determinan la existencia de regiones muy distintas desde el punto de vis-



ta del régimen de las lluvias. Entre los trópicos, los fenómenos obedecen á una periodicidad notable, y el año queda dividido en dos ó en cuatro estaciones alternativamente lluviosas y secas, según que el mismo lugar se encuentre sobre las zonas variables de calmas ecuatorial ó tropicales ó en la región de los alisios, los cuales, acercándose siempre al Ecuador en la zona que consideramos, irán aumentando con su temperatura su capacidad de saturación, lo que los hace forzosamente vientos secos.

En las zonas templadas, el fenómeno no tiene ya tan marcada regularidad y experimenta en mucho mayor grado la influencia de la forma y extensión de las cuencas oceánicas, y hasta de la configuración interior de los continentes. En el Atlántico septentrional casi todos los movimientos atmosféricos toman su origen hacia la región de las calmas de Cáncer, y en especial en las proximidades del seno mejicano, desde donde, recorriendo gigantesca parábola, vienen á alcanzar á Europa á la altura de las costas de Irlanda, aunque en ocasiones bajen hasta las de Galicia y aún más al Sur todavía. Tienen estos movimientos carácter ciclónico, y consisten esencialmente, como es sabido, en la traslación de inmensos torbellinos de aire formados, á lo que parece, por el choque de contrarias corrientes. La conocida marcha del fenómeno y las observaciones hechas en los Estados Unidos permiten avisar á Europa de la llegada de los cambios de tiempo, que sólo con algunos, muy pocos, días de anticipación se pueden hoy, con alguna probabilidad, predecir, aunque de otra cosa se jacten los Zaragozanos, los Noherlesoom, los Escolásticos y demás meteorólogos de bajo vuelo.

Y no es que los estudios dirigidos á determinar períodos que dieran cuenta de las lluvias y sequías no se hayan intentado más de una vez por los sabios; pero



los resultados hasta ahora obtenidos, si no del todo desesperantes, son por lo menos muy escasos. Comparando las cantidades de lluvia caídas durante la mayor parte del siglo XIX, Brückner creyó observar un período de treinta y cinco años acusándose por encima de las irregularidades del fenómeno. También el profesor J. Hann, antiguo Director del Instituto Meteorológico de Viena, estudiando los datos de Milán y Padua, llegó á reconocer la misma periodicidad que es hoy admitida por varios meteorólogos. Pero verdadera ó falsa, refiriéndose esta ley sólo á la generalidad del fenómeno, y quedando envuelta todavía en una gran indecisión, no es tal que puedan, de momento, esperarse de ella aplicaciones prácticas.

En cuanto á las causas determinantes del período, Brückner creyó encontrarlas en la periodicidad reconocida de las manchas solares; opinión que, si no llegó á establecerse sobre base muy sólida, es, sin embargo, compartida hoy por muchos sabios. También antiguamente se pretendía encontrar la causa de todos los cambios atmosféricos en los movimientos lunares; pero esta opinión, que aún se conserva entre el vulgo y ha dado origen á una porción de cálculos *almanaqueros*, no ha podido ser comprobada hasta ahora por las observaciones científicas.



CAPÍTULO IV

El agua en los continentes.

Aguas corrientes.—Distribución del agua de lluvia.—Corrientes superficiales y subterráneas.—Glaciares y ríos.—Régimen de las corrientes.—Influencia del agua sobre la vida.—Regulación del clima.—Consumo de agua por los seres vivos.—Distribución de la vida sobre el planeta.—Expansión de las especies.—El hombre.

Estudiados los cambios de agua que tienen lugar entre la atmósfera, por una parte, y los continentes y los mares, por otra, veamos ahora cómo el agua circula entre estos dos grandes depósitos. No son los continentes mansión permanente del agua: si se exceptúan las masas relativamente pequeñas que forman los lagos y las no mucho más considerables que permanecen en las cimas de las montañas, en la región de las nieves perpetuas, el resto del agua que en los continentes se encuentra se halla en movimiento más ó menos aparente, en el que, si á veces se apartan de su camino por la influencia de fuerzas que, como la capilaridad y la higroscopicidad, perturban el fenómeno, tienden siempre á buscar en los Océanos su posición de equilibrio estable. Y como los continentes no pueden enviar al mar más agua que la que reciben, ni reciben otras que las procedentes de la atmósfera, es claro que en las precipitaciones atmosféricas habrá de encontrarse el origen verdadero de todas las corrientes superficiales y subterráneas.

Y así es, en efecto. De todas las aguas de lluvia que caen sobre la superficie de la tierra, las que no vuelven á la atmósfera por evaporación se dividen en dos partes principales: corre la una por la superficie del terreno, acumulándose en las vaguadas y desagües naturales, y descendiendo por ellos hasta alcanzar los ríos que la vierten al mar; la otra, empapa las tierras y rocas, se filtra en el terreno, y, ganando profundidades cada vez mayores á favor de la gravedad constante y de la presión creciente, continúa su camino hasta que, encontrándose cerrado el paso por capas impermeables, resbala sobre ellas con mayor ó menor lentitud, y, recibiendo salida al exterior por manantiales y fuentes, va á unirse con las demás aguas superficiales. Hay ocasiones, sin embargo, en que la corriente subterránea no encuentra su desagüe sino en el Océano mismo, por debajo del nivel del mar, lo que explica el encuentro de manantiales de agua dulce al construirse obras marítimas.

Las precipitaciones sólidas se mantienen mientras permanecen en este estado en una inmovilidad relativa; pero cuando se acumulan en masas de consideración sobre el suelo más ó menos inclinado de las altas laderas, descienden, aunque lentamente, hacia el fondo de los valles, formando esos ríos de hielo característicos de las elevadas cordilleras, que reciben el nombre de *glaciares* ó *heleros,* y que, al llegar á regiones de temperatura más benigna, adquieren la forma líquida y vienen también á aumentar el caudal de las aguas superficiales.

Los ríos no son, pues, otra cosa que los grandes colectores que conducen al mar todas estas aguas, y la importancia y fluctuaciones de su caudal habrán de depender naturalmente de la cantidad y del régimen de las lluvias; pero tienen en él también influencia con-



siderable la topografía y la naturaleza de la cuenca receptora, que son las que en definitiva determinan las condiciones del desagüe. En cuencas poco ó nada permeables, de terrenos desnudos, de altitud media, de extensión reducida y con grandes inclinaciones, las aguas de lluvia alcanzan prontamente los cauces naturales, sin que apenas las disminuya la evaporación y dejando sólo á la filtración parte escasísima é insignificante. Es el régimen torrencial. Á medida que descienden, las aguas van reuniéndose en corrientes cada vez más caudalosas, los rozamientos disminuyen, las velocidades crecen: pronto los cauces llegan á ser insuficientes, los torrentes se desbordan y la crecida se presenta casi repentina, llega al máximo con rapidez y decrece con igual celeridad pasada la lluvia, quedando al poco tiempo reducida á escaso hilo de agua, alimentado todavía por el lento escurrir de los terrenos superiores.

Por el contrario, en las cuencas extensas, de terrenos poco quebrados y muy permeables, con laderas vestidas de una vegetación rica y cimas situadas en la región de las nieves perpetuas, la casi totalidad del agua que no se evapora va por filtración á alimentar los manantiales ó queda retenida por los glaciares, para ser cedida lentamente á los ríos en la época del deshielo, que adquiere, de ordinario, su máxima intensidad durante la estación seca. El desagüe se verifica en este caso con una lentitud mucho mayor: las aguas no adquieren volúmenes ni velocidades notables sino en el mismo cauce del río, y si las irregularidades del régimen pluvial no son extremadas, el caudal se mantiene casi constante.

Entre estos dos tipos extremos hay una multitud de otros intermedios, en los que varía hasta el infinito la proporción entre las aguas torrenciales y las de filtra-



ción. No toda la cuenca tiene de ordinario condiciones idénticas: en los grandes ríos, sobre todo, que deben sus aguas á numerosos afluentes, es donde la variedad se acusa de modo más manifiesto, pues mientras en algunas de estas corrientes secundarias el régimen torrencial predomina, en otras los manantiales y las nieves trabajan por la permanencia del caudal, y el volumen conducido por el río tiende á ajustarse á un régimen más ó menos marcado, que sólo de cuando en cuando perturban las avenidas producidas por las aguas torrenciales.

Las condiciones mismas de la cuenca pueden variar de una á otra época del año por el estado de desarrollo de la vegetación y por la mayor ó menor persistencia de las lluvias. Tal terreno que, de estar seco, hubiera podido absorber cantidades considerables de agua, se niega en absoluto á recibir más si ha llegado á saturarse, y la deja correr por su superficie para que vaya á engrosar el caudal de los torrentes: tal otro, que se hubiera conducido como completamente impermeable, retiene abundante agua cuando ha sido removido por labores recientes. La evaporación producida en las hojas de los árboles no tiene ya lugar después de su caída; los obstáculos que un manto de verdura puede oponer al libre movimiento de las aguas, desaparecen cuando los campos han sido agostados por la sequía y los calores del verano. Las causas más diversas superponen sus distintos efectos, y de tal modo se complica el fenómeno, que su estudio se hace sobremanera difícil sin un análisis prolijo y delicado.

En cuanto al volumen total de agua que un río arroja anualmente al mar, puede apreciarse por la cantidad de lluvia y de nieves que la cuenca recibe, aunque nunca ha de llegar á igualarla, pues siempre una parte se perderá por evaporación y alguna de la filtra-



da puede continuar hasta el mar su marcha subterránea.

Se admite ordinariamente que puede oscilar entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{3}$ la fracción de las aguas de lluvia que llegan á alcanzar las corrientes superficiales en cuencas de extensión no muy grande, pero esta proporción desciende mucho para los grandes ríos y queda reducida en algunos, como en el Missisipí, á sólo algunas centésimas. En estas cuencas considerables la circulación interior del agua es á veces la más importante, y sólo una pequeña parte es recibida del exterior, y debe ser desaguada.

Á su paso por los continentes en este gran ciclo hidráulico, el agua ejerce poderosísima influencia sobre la vida. Por sus cambios de estado, acompañados de absorción ó desprendimiento de calor, en oposición siempre con las influencias ambientes, y por su gran capacidad calorífica, que retarda considerablemente sus cambios de temperatura, es el agua el gran regulador del calor en el planeta. Su presencia en el aire disminuye también la permeabilidad de éste para el calor, y, gracias á ella, las oscilaciones de temperatura que tendrían lugar del día á la noche, bajo una atmósfera seca, se reducen á límites más próximos: el clima con ello resulta más benigno y la vida puede desarrollarse con un menor derroche de energías.

Pero el agua es además indispensable por otras razones. Hemos visto ya que entra en proporción notable en la composición de las plantas, y que éstas pierden en la atmósfera cantidades considerables por la transpiración y la clorovaporización; será, pues, preciso que reparen estas pérdidas, sin lo cual todas las funciones de la vida vegetal se paralizarían al cabo. Todavía en la parte seca de la planta entran una porción de ele-

mentos mayores en número ó en cantidad que los que constituían la semilla, y para desarrollarse necesitará tomar del exterior todos estos elementos. Algunos, como el oxígeno, puede absorberlos directamente de la atmósfera; otros, como el carbono, pueden ser extraídos de la misma fuente por los vegetales verdes ó provistos de clorofila; pero todos los demás sólo en estado de disolución pueden penetrar en la planta: en disolución en el agua que humedece el terreno, de donde pasan á las raíces por difusión y ósmosis; en disolución en los jugos de otra planta que, viviendo sobre la primera, cambia con ella sus materiales nutricios en provecho de ambas, fenómeno conocido con el nombre de *simbiosis,* y mediante el cual pueden las leguminosas apoderarse del nitrógeno atmosférico, según las experiencias de Hellriegel y Wilfarth; en disolución en los jugos que la misma planta excreta á su contacto con ciertos cuerpos sólidos, fenómeno llamado *digestión,* y que no podría existir sin el agua, pues este cuerpo entra por parte principal en la composición de todos los jugos vegetales.

Aun la misma asimilación del carbono por las plantas verdes no puede verificarse sino en presencia del agua, pues aunque no se haya averiguado todavía cuál es el primer hidrato de carbono que se forma en esta descomposición, no es menos cierto que el carbono llega á formar parte del vegetal combinándose con los elementos del agua.

No menos necesaria es el agua á la vida animal. También aquí constituye una parte notable del peso vivo, ya diluyendo los jugos protoplasmáticos ó ya entrando en proporción considerable en los líquidos orgánicos y en los productos de excreción; y como también aquí se pierden cantidades importantes bajo forma líquida, como en el sudor y en las orinas, ó bajo forma



gaseosa, en la respiración y transpiración, será igualmente preciso reponerlas con las contenidas en los alimentos sólidos ó con las suministradas por la bebida, bajo una de cuyas formas será, pues, siempre indispensable.

Esta necesidad del agua y la desigual repartición de este cuerpo sobre la tierra, prestan distinta fisonomía á la vida en las diversas regiones del planeta. Cuando se encuentra en abundancia, y las demás condiciones de luz y temperatura son favorables, como ocurre en la zona tórrida, la vegetación más exuberante cubre las tierras que sirven también de habitación á numerosas y variadas especies de animales. La Naturaleza se viste allí con sus mejores galas, y, recreándose en su obra, avara de sus riquezas, parece como que rechaza la presencia del hombre, y en particular del blanco, que en medio de tal plenitud de vida halla con frecuencia la muerte en lucha desesperada con los numerosos competidores que, adelantándose en su camino, han tomado posesión de aquellos lugares.

Cuando en absoluto falta, toda vegetación desaparece, los animales huyen de aquellas regiones malditas, y la tierra se presenta desierta, sin que turbe otro ruido su imponente reposo que el del viento, que, chocando contra el seco terreno, lo destruye y desmenuza, levantándolo después en inmensos y sofocantes torbellinos de polvo.

Entre tales extremos se agrupan y clasifican las infinitas gradaciones de clima que caracterizan á las zonas templadas y frías, en las que la vida se presenta también con todas las intensidades y bajo formas variadísimas. Y como entre condiciones tan diversas cada especie tiene exigencias especiales para desarrollarse al óptimo, todas ellas ven más ó menos limitadas sus zonas de expansión por las de otras especies, encon-

trando cada una, sólo dentro de determinadas fronteras, los medios de defensa que le permitan pelear y vencer en la lucha por la existencia.

Limitada á sus propias fuerzas, de que en premio á obstinada lucha por la adaptación le hiciera merced la Naturaleza, ninguna especie puede traspasar todo límite y apoderarse de la redondez del globo. Libre de la concurrencia vital de otras especies, podrá ensanchar su esfera de vida, pero no podrá llegar sin nuevas y lentas adaptaciones á vivir en lugares cuyo clima se apartara demasiado de aquel que le fuera más favorable.

Sólo el hombre, y en particular el hombre civilizado, con los recursos de su inteligencia y la firmeza de su voluntad, ha conseguido dominar casi todo el planeta, que sólo defiende aún sus casquetes polares de la presencia humana. Pero para ejercer sobre él una soberanía verdadera y permanente, necesita modificar el medio que le es desfavorable en muchas ocasiones.

No trabaja, en efecto, la Naturaleza en beneficio del hombre. En ella, cada ser y cada fuerza labora en provecho propio ó en persecución del equilibrio más estable; y en este inmenso campo de batalla, ó hay que aceptar la lucha ó alistarse voluntariamente entre los vencidos. No ha vacilado el hombre ante el dilema, y, en lucha empeñada con la Naturaleza, le encontramos desde los primeros albores de la historia. No podía, en estas condiciones, olvidarse del agua, dada su capital importancia, y así no es extraño verle en el origen de todas las grandes civilizaciones del Oriente, en Egipto, en la China, en la India y en Babilonia ejecutando obras colosales, admiración constante de las sucesivas generaciones, para asegurar el riego de áridos terrenos ó desecar lugares pantanosos y malsanos, conquistando con titánico esfuerzo el inhospitalario suelo, que no se



resigna sin protesta á ser hollado por su planta dominadora.

Pero si marcan por su magnitud un episodio culminante de la lucha por el agua, no hay que creer, sin embargo, que estos trabajos gigantescos resuman la totalidad del esfuerzo humano en esta dirección. El problema del agua es de todas las épocas, y en cada una el hombre ha tratado de resolverle según el desarrollo de sus conocimientos y las necesidades de su existencia social.

Cazador primero, busca sólo en el agua la satisfacción de sus necesidades personales, reducidas á la bebida que encuentra abundante en los manantiales y ríos, donde irá también á buscarla la presa en cuya persecución camina. Á falta de manantiales y corrientes encontrará quizá la satisfacción de su apetito en la savia de las plantas tropicales, entre las cuales se aventure en busca de su habitual alimento. Pero de ordinario, en esta primera etapa de la precivilización, el problema del agua casi no lo es aún, porque se encontrará sin duda en aquellos lugares adonde el hombre llegue en busca de los demás elementos de vida.

Pastor más tarde, debe ya preocuparse no sólo de sus necesidades, sino de las del ganado que apacienta; y aunque todavía en su errante vida no se decida á modificar la obra de la Naturaleza, empieza ya á tenerla en cuenta, escogiendo unos sitios, huyendo de otros y buscando en ocasiones, en una periódica explotación de los mismos lugares, una manera de suplir las deficiencias que nota.

Al fin agricultor, dispone sus labores de modo á almacenar las aguas que naturalmente recibe el suelo que cultiva, ó á desaguarla con rapidez, según el régimen de la comarca y las necesidades de la planta á la que dedica sus cuidados. No distrae aún las aguas de



su circulación habitual, pero acelera ó retarda, aunque todavía en escasa medida, algunas fases del ciclo. En una etapa más avanzada riega, y entonces sus esfuerzos alcanzan el máximo de intensidad, transformando las comarcas, forzando los cultivos y creando jardines de perenne verdura, limitados por desnudos cerros, secos y estériles, mudos testigos de la revolución operada, que demuestran, en su elocuente silencio, el inmenso alcance de una labor inteligente y decidida.

La exposición sumaria de los esfuerzos del hombre en este sentido formarán el objeto de los capítulos siguientes. Estudiaremos en ellos los medios de procurarse el agua y los de defenderse de ella, y fijaremos, por último, nuestra atención en los problemas políticos y sociales que los aprovechamientos hidráulicos plantean.



SEGUNDA PARTE

LA LUCHA POR EL AGUA

CAPÍTULO I

Utilización de las reservas naturales.

Cantidades aprovechables.—Reservas naturales y artificiales.—Manantiales.—Ríos.—Derivaciones sin presa.—Presas provisionales y presas permanentes.—Emplazamiento y perfil de una presa.—Remanso.—Portillos y presas móviles.—Los lagos y el mar.—Aguas subterráneas.—Investigación de aguas. Pozos ordinarios y artesianos.—Galerías y presas subálveas.—La lluvia artificial.

Decíamos al terminar el anterior capítulo que el primer problema que había de fijar nuestra atención sería el de obtener el agua indispensable para las necesidades agrícolas. Estas exigen que la cantidad sea suficiente y que esté disponible en el momento oportuno, y las dificultades del problema dependerán, no sólo del régimen hidráulico de la comarca, sino también del desarrollo de la agricultura y de la densidad de la población.

Las necesidades de la alimentación ó de la Industria, y el valor que pueden alcanzar los productos en los mercados exteriores, determinan, en efecto, los límites de la producción útil y ponen de manifiesto las deficiencias del régimen material y el sentido y la intensidad de las intervenciones provechosas. Pero si tales circunstancias pueden variar mucho en un mismo lu-



gar, las condiciones geográficas son, en definitiva, las que acaban por imponerse, pues la población crecerá siempre hasta alcanzar la densidad que el medio físico consienta, y la Agricultura, cualquiera que sea el cultivo que predomine, será en todo caso, si no la principal, una al menos de las más importantes fuentes de bienestar y de riqueza. Si, pues, la falta de agua hace improductivo el suelo durante todo el año ó en épocas de duración más ó menos considerable; si, además, la producción resulta ya insuficiente y su aumento, por lo tanto, ventajoso; si, en una palabra, el momento de intervenir ha llegado, no habrá que ceñirse con las obras á satisfacer las necesidades del presente, porque éstas, con el tiempo, serán seguramente excedidas. Si el riego llega á ser beneficioso, todas las aguas encontrarán al cabo un útil empleo y no habrá, por consiguiente, que limitar los abastecimientos ó las reservas sino por las condiciones prácticas de una empresa económica.

Hechas estas consideraciones generales relativas á las cantidades aprovechables, veamos ya dónde y por qué medios será posible encontrarlas. De dos modos distintos puede el hombre proveerse del agua necesaria: ó ya, aprovechándose del régimen natural, puede tomarla en aquellos parajes donde se encuentra ó por donde pasa, ó bien, supliendo las deficiencias del medio, puede construir depósitos ó reservas artificiales donde la retenga hasta que llegue el momento de emplearla.

Empezaremos por el primer caso, estudiando, desde el punto de vista de su aprovechamiento, los manantiales y los ríos, los lagos y el mar, entre las aguas superficiales; nos ocuparemos después de las subterráneas, y diremos, por último, cuatro palabras de la lluvia artificial.

Son los manantiales, como ya sabemos, las salidas al



exterior de las aguas de lluvia que, por filtración, han llegado á penetrar en el terreno, y pueden asimilarse á los orificios de un depósito al que el agua llegara con intermitencia y en cantidades variables. El volumen desaguado dependerá, según esto, del nivel que las aguas alcancen en el depósito ó cuenca subterránea de donde proceden, y aumentará, por consiguiente, cuando este manto de agua llegue á enriquecerse con las filtraciones de las lluvias, ó disminuirá, por el contrario, al reducirse la reserva por las pérdidas no compensadas en las épocas de sequía. Si ésta fuera muy prolongada, el manantial se secaría al cabo; pero si el volumen almacenado es de consideración, las sequías ordinarias no llegarán á agotarle y el manantial será permanente.

Para el mejor aprovechamiento del agua del manantial habrá que limpiar cuidadosamente los orificios por donde mana, haciendo desaparecer la vegetación abundante y característica que, bajo la influencia de la excesiva humedad, se desarrolla de ordinario en las inmediaciones del nacimiento, y que sólo contribuye á encharcar el terreno y á dificultar el desagüe, favoreciendo además la evaporación.

Estos trabajos y la construcción de un pequeño depósito, que sirva de cabeza al canal de conducción, podrán bastar en los manantiales que brotan en las rocas; pero cuando se presentan en la base de terrenos permeables y más ó menos sueltos, será preciso á menudo recoger las aguas por medio de drenes, galerías ó cámaras filtrantes.

Si, á consecuencia de estas obras, se rebaja el nivel de salida, el caudal podrá venir aumentado por la mayor carga, bajo la cual se verifica el desagüe; pero este aumento puede ser compensado por un agotamiento más rápido de la reserva subterránea. Hay ocasiones, sin embargo, en que este peligro no es de temer, pues

el aumento de caudal tiene lugar tan sólo á expensas de las numerosas causas de pérdida de agua que ejercen su acción sobre los terrenos húmedos é imperfectamente saneados. De cualquier modo, nunca se recomendará bastante en estos casos la mayor cautela, pues trabajos poco meditados pudieran empeorar la situación en vez de mejorarla.

Hechas las obras que en cada caso convengan, será además preciso no descuidar la conservación del manantial, evitando en sus inmediaciones, hasta donde alcance el *perímetro de protección* que se considere suficiente, los movimientos de tierra, los trabajos mineros, la apertura de pozos y, en general, todo lo que pudiera perjudicar al caudal. Deberán mantenerse completamente limpios los drenes ó galerías, favorecerse hasta donde sea posible la filtración en la cuenca alimentadora y estudiarse constantemente las variaciones del caudal, para lo cual convendrá establecer una escala ú otro cualquiera medio de aforo que sea consultado con la regularidad debida.

Si de los manantiales pasamos á los ríos, casos más numerosos y variados se presentan á nuestra consideración. Cuando el nivel del río presenta una constancia grande y es el conveniente para que queden dominados los terrenos en que nos propongamos aprovechar el agua; si, además, el volumen que haya de derivarse es sólo una parte de la corriente total, la toma podrá hacerse sin presa y consistir sencillamente en un corte de la orilla practicado con suficiente sección y trazado de modo que su eje, teniendo en su origen la misma dirección del río, se acuerde sin vuelta demasiado brusca con el del canal de conducción. Para asegurar la permanencia de este portillo convendrá construir de mampostería el lecho y las paredes laterales, y habrá que proveerle de compuertas que regulen el volumen deri-



vado y permitan suprimir por completo el desagüe durante las reparaciones del canal (figura 1.ª).

Pero cuando, como es el caso más frecuente, el volumen que se ha de aprovechar alcanza al estiaje completo del río ó á parte considerable de él, ó cuando el nivel es demasiado bajo ó excesivamente variable, es necesaria una presa, que puede ser provisional ó permanente. Úsanse las primeras en corrientes de débil caudal, que se aprovechan exclusivamente para riegos de verano, y se fabrican, de ordinario, por los mismos regantes, con piedra, tierra, ramajes ó cualquier otro

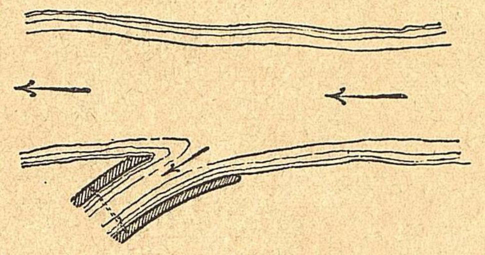


Figura 1.ª— Derivación sin presa.

material abundante y barato; prestan utilísimos servicios durante la estación seca y son arrastradas por la primer crecida cuando las lluvias otoñales las hacen ya innecesarias. Nada puede darse ni más sencillo ni menos costoso.

No es ya aplicable este sistema en los ríos caudalosos, en los que el costo de estas presas provisionales sería muy superior á los intereses del capital necesario para construir una obra permanente. Cuando esto ocurra habrá que estudiar con cuidado el lugar de emplazamiento, la altura y perfil de la presa, su forma en planta y las alteraciones que pueda ocasionar en el régimen del río.

En cuanto al emplazamiento, vendrá hasta cierto punto determinado por la situación de los terrenos que



con el canal se pretende dominar, y que deben quedar lo menos distantes posible del punto de toma. Será, además, preciso que el lecho presente las condiciones necesarias de fijeza y resistencia y que la alteración introducida en el régimen del río se reduzca á un mínimo.

Escogido el sitio será preciso llegar con los cimientos hasta el terreno impermeable, á través de la capa de acarreos que suele ocupar el fondo de los cauces; se fijará la altura precisa de la obra en vista del nivel de agua que convenga obtener, y se procederá en seguida á la determinación del perfil, que debe ser bastante resistente si, como á menudo ocurre, el desagüe de las

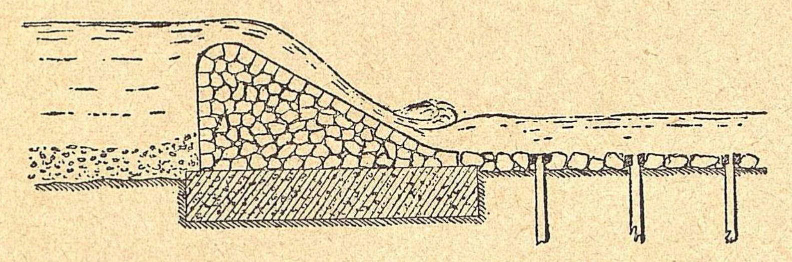


Figura 2.ª—Perfil de una presa de derivación.

avenidas ha de tener lugar por encima de la coronación de la presa. Para prevenir en este caso los destructores efectos de la cascada, puede darse al paramento de aguas abajo de la presa una forma curva muy tendida, sobre la cual el agua deslizará con velocidad creciente, pero sin choques; un revestimiento resistente sobre esta parte de la obra evitará los efectos del roce, que deben suprimirse también en una cierta longitud de cauce por medio de un zampeado, retenido, si es preciso, por pilotes ú otro amarre equivalente (figura 2.ª)

Á veces es sólo una parte de la coronación de la presa la que se destina para dar desagüe á las avenidas, y el resto se construye con altura suficiente para que el nivel del agua no le alcance nunca; pero mientras más



pequeña sea la longitud de presa que desempeña aquel servicio, mayor será el espesor de la lámina vertiente y más fácilmente podrán inundarse las propiedades ribereñas. Por esto, el vertedero corre de ordinario á lo largo de toda la presa, y aun se da á ésta en planta forma conveniente para aumentar su longitud, resultan-

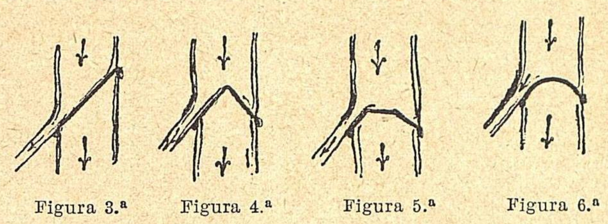


Figura 3.ª Figura 4.ª Figura 5.ª Figura 6.ª

do así las presas oblicuas á la corriente (figura 3.ª), en ángulo (figura 4.ª), poligonales (figura 5.ª) ó de forma curva (figura 6.ª).

Aunque por todos estos medios se atenúen sus efectos, la construcción de una presa supone siempre una alteración en el régimen del río. Si no existiera la presa, el nivel de las aguas alcanzaría en cada punto una cierta altura (figura 7.ª), la necesaria, dada la pen-

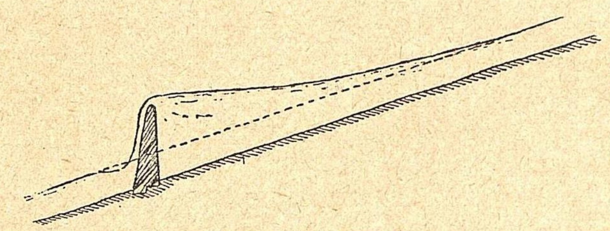


Figura 7.ª—Remanso.

diente y la sección del cauce para el desagüe del caudal. Establecida la presa, el nivel se eleva, y si esta elevación carece comunmente de importancia en tiempos normales, cuando todo el volumen del río ó parte considerable de él es derivado por el canal, puede tenerla muy grande en las avenidas, cuando el desagüe tiene



lugar casi exclusivamente por encima de la presa. Sobre ésta se establecerá una cierta altura de agua, y el perfil de la corriente, que pueda suponerse horizontal en este punto, se irá elevando hacia aguas arriba, hasta que se llegue á un sitio en que la influencia de la presa deje de ser sensible.

La determinación de este perfil, necesaria á veces para la evaluación de los perjuicios presumibles, constituye uno de los problemas más delicados de la Hidráulica; pero en los casos más corrientes suelen bastar en la práctica ciertas soluciones aproximadas, como

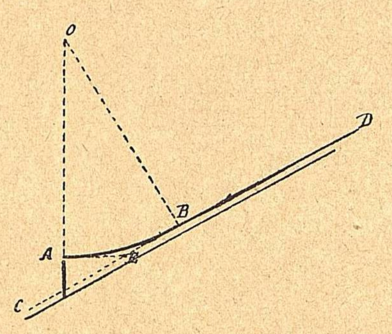


Figura 8.ª—Trazado aproximado del perfil del remanso.

la que se obtendría sustituyendo el perfil verdadero del *remanso* por un arco de círculo de tangente horizontal sobre la presa A, y tangente á su vez al perfil C D del régimen natural del río (figura 8.ª). La influencia de la presa alcanzaría así próximamente á distancia doble de la que media entre la presa y el punto E del cauce á nivel con la superficie del agua sobre aquélla.

Cuando los intereses amenazados son muy importantes, se deberán disponer las obras de modo que se pueda suprimir parcial ó totalmente, durante las avenidas, el obstáculo que la presa opone á la corriente. Se conseguiría este efecto por portillos especiales, cuyo *umbral* se encontrara sobre el mismo lecho, y que, ce-



rrados en tiempo ordinario por compuertas de fácil maniobra, sean abiertos en las crecidas, facilitando el desagüe. Estos portillos, que aun en las presas de umbral fijo son necesarios para poder expulsar los acarreos que se acumulen aguas arriba de la presa y para dar salida al agua del río durante las reparaciones del canal, deberán tener, si han de ser además útilmente empleados durante las avenidas, dimensiones mucho mayores que las exigidas por aquellas dos solas condiciones. Á veces podrán llegar á ocupar todo ó casi todo el ancho del río, y este es el caso de las presas móviles. Entrar aquí en la descripción detallada de sus diversos tipos, sería exceder los límites que nos hemos propuesto. Baste saber que las hay constituídas de partes móviles, sostenidas y guiadas en sus movimientos por apoyos fijos; que en otras, los apoyos son móviles también, y la presa desaparece del todo cuando es llegado el momento de dejar libre el cauce; y, por último, que hasta hay algunas en que la maniobra es completamente automática, y tiene lugar en el momento en que el nivel del río llega á determinada altura.

Explicados los medios de tomar el agua en los ríos, veamos ahora cómo se puede recoger la de los lagos. En realidad, este caso no difiere mucho del anterior: también aquí la toma podrá hacerse sin presa ó con ella; pero podrá suceder también que convenga hacerla á un nivel inferior al normal del agua, perforando, por medio de un túnel, uno de los macizos montañosos que limitan la depresión ocupada por el lago (figura 9.ª). De este modo podrá aprovecharse durante la estación seca una parte del agua acumulada en el lago, que podría reponerse después con las avenidas de invierno y primavera. Aun se podría aumentar esta reserva construyendo una presa sobre el cauce que sirve de desagüe al lago, con lo que el nivel de éste podrá elevarse; pero



entonces nos encontraríamos en el caso de un pantano ó depósito artificial, que hemos reservado para estudiarlo en último término.

También podría pensarse en el mar, pero sus aguas no son de fácil aprovechamiento agrícola. La excesiva cantidad de sales que contienen, y especialmente de cloruro de sodio ó sal común, las hace impropias para la bebida y aun para los riegos. Sólo podrían utilizarse haciéndoles previamente perder estas sales ó disminu-

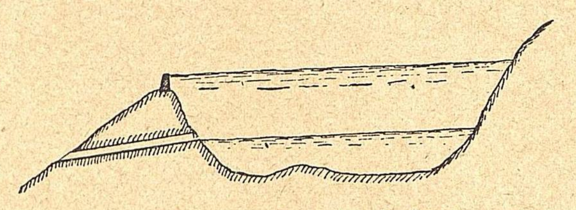


Figura 9.ª—Toma de agua en los lagos.

yendo ó alterando sus proporciones, ya por procesos químicos ó por operaciones físicas como la destilación; pero estos medios, á los que sólo se recurre en casos de necesidad extrema para las exigencias de la bebida y usos domésticos, son demasiado caros para que puedan emplearse con fruto sobre las cantidades considerables de agua que las aplicaciones agrícolas requieren.

Y apenas si hay por qué mencionar el proyecto que no hace mucho corrió por algunos periódicos, por el que se proponía descomponer el agua del mar mediante corrientes producidas por pilas termoeléctricas, que tomaran su energía del calor solar, conducir por cañerías el hidrógeno desprendido hasta lo alto de las montañas para quemarlo allí, utilizando mecánicamente el calor de la combustión y recogiendo el agua regenerada *para fecundar con ella los campos sedientos*. Pero quien pare mientes en el débil potencial de los pares termoeléctricos; en el escaso rendimiento de las pilas fundadas en



este principio; en las dificultades del aprovechamiento del calor solar y en las de deshacerse de la enormidad del calor no aprovechado; en el coste de pilas y cañerías, etc., etc., comprenderá que, para conseguir el mismo resultado, valdría más despojarse de tanto aparato científico, aproximarse á la fuente más cercana, llenar allí los cántaros que se pudiera y transportarlos al lugar de empleo sobre el lomo de humilde jumento. Con seguridad que el arriero que así procediese podría vender más barata su mercancía que no la suya el encopetado físico.

Y pasemos á las aguas subterráneas. Hemos dicho que, procedentes de las filtraciones de la lluvia á través del terreno, corren estas aguas sobre la superficie de las capas impermeables, hasta que encuentran su desagüe por los manantiales ó en el mar. Las ondulaciones del estrato impermeable y la importancia de las filtraciones determinarán el ancho, la dirección y el espesor de la capa acuífera, que podrá algunas veces formar verdadera corriente, aunque siempre con velocidades notablemente inferiores á las de las corrientes superficiales, y permanecer otras en un reposo casi absoluto, formando verdadero lago subterráneo.

Si por medio de la sonda perforásemos el terreno, atravesaríamos capas alternativamente permeables é impermeables, y mientras en las primeras las probabilidades de encontrar agua serán tanto mayores cuanto más se descienda en ellas, la aparición de las segundas destruirá de un modo brusco todas las esperanzas concebidas (figura 10). Cuando el suelo es permeable, la primera capa impermeable subyacente determinará el nivel inferior de las primeras aguas subterráneas, que son las que sirven de alimento á los pozos ordinarios. Atravesada la primera capa impermeable, se podrá encontrar agua de nuevo en alguna de las permeables su-



cesivas; pero este agua no procederá ya de las lluvias caídas en el sitio en que se opera, sino de la que cayera sobre aquellos lugares donde superiormente aflore al exterior el estrato permeable. Esto supuesto, y conocida la tendencia del agua, cuando se mueve aprisionada entre paredes impermeables, á subir hasta el nivel de su lugar de origen, no podrá ya extrañar que en ocasiones ascienda en estos sondeos hasta la superficie misma del terreno y aun que rebase ésta en forma de surtidor, constituyendo un pozo de los llamados artesianos, por ser uno de los más antiguos de Europa el practicado en el siglo XIII en el condado de Artois. Estos pozos, de

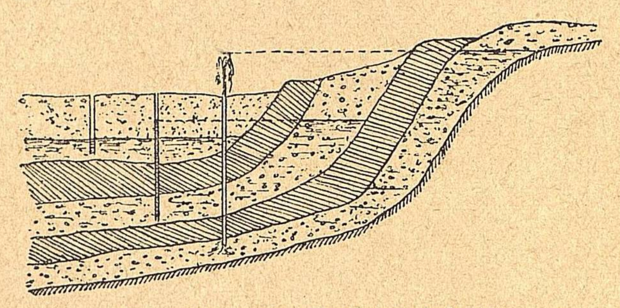


Figura 10.—Pozos ordinarios y artesianos.

antiguo conocidos por los chinos, eran la admiración de los antiguos, que inventaron, para su explicación, teorías tan ingeniosas como peregrinas.

Después de lo expuesto, fácil es comprender cuál sería el camino que habría que seguir para la investigación y descubrimiento de las aguas subterráneas. Todo se reduciría al estudio de las capas impermeables, á la determinación de sus vaguadas, á la de la extensión superficial de la capa permeable correspondiente y á la de la lluvia que por ésta es absorbida. Desgraciadamente, el problema que tan fácil de plantear parece en teoría, tropieza en la práctica con dificultades casi insuperables: la inspección de la superficie del terreno



sólo puede dar indicios más ó menos vehementes de la sucesión y del espesor de las capas subyacentes; la extensión reconocida debe ser en ocasiones considerable, y si los sondeos pueden dar mucha luz, no es posible tampoco multiplicar demasiado este costoso medio de exploración, que sólo deberá emplearse en aquellos sitios donde mayores sean las probabilidades de éxito, deducidas de un estudio detenido y concienzudo de la geología de la comarca. Aun así, el problema es bastante incierto, sobre todo para los pozos profundos, como el de Grenelle, en París, donde al fin se encontró el agua á los 549 metros, cuando ya la opinión desesperaba del resultado de la empresa, como lo demostraban caricaturas en las que el ingeniero aparecía á caballo sobre la tierra, y perforando ésta con un tirabuzón que asomaba ya por los antípodas.

En cuanto al agua de la primera capa, algunos indicios de humedad, como la formación de vapores sobre la superficie del terreno, la presencia de mosquitos ó de ciertas plantas, pueden dar alguna idea, aunque poco precisa. También se ha empleado en la investigación de aguas la *varilla adivinatoria* ó *varilla de Aaron,* que se suponía poder dar indicaciones seguras en manos de determinados sujetos dotados de una sensibilidad especial, á los que se daba el nombre de *zahories;* pero éstos, como los *saludadores, astrólogos* y demás tipos análogos, supervivencias de creencias que fueron, quedan incluídos hoy en el grupo de los innumerables charlatanes que viven de la explotación de la credulidad pública.

No se podría sin injusticia clasificar en el mismo grupo al abate Paramelle, que adquirió una gran celebridad hacia mediados del siglo pasado por sus trabajos de investigación hidráulica, que en un período de veinticinco años dieron por resultado, según él mismo afirma, el descubrimiento de más de 10.000 ma-



nantiales. Cierto que esto era debido en parte á una gran práctica y á un golpe de vista feliz que le permitían comparar con acierto los nuevos casos á los ya observados, y que su célebre obra *L'Art de decouvrir les sources* no está á la altura de sus éxitos como explorador. La afirmación principal de su teoría de que toda vaguada ó repliegue del terreno sirve de desagüe á una corriente visible ó subterránea, no se encuentra de acuerdo con los datos generales de la Geología, y sólo se verifica en los casos en que los bancos se suceden paralelos; pero deja evidentemente de tener lugar si, á consecuencia de antiguos trastornos geológicos, se presentaran en estratificación discordante. Y si el primer caso puede ser bastante frecuente en las corrientes someras, es el segundo el que, para las profundas, constituirá la regla general.

Cuando la existencia del agua está comprobada, la manera de ejecutar el alumbramiento se reduce á la práctica de pozos, galerías ó presas subálveas. Los primeros se construyen por procedimientos de todos conocidos, cuando su profundidad no es considerable; pero en los que han de ir á buscar el agua á las capas profundas, el empleo de la sonda es indispensable y la operación presenta, á veces, dificultades de importancia.

Las galerías no se diferencian de los pozos sino por su dirección horizontal ó débilmente inclinada, y encuentran su aplicación cuando se trata de aprovechar un manto de agua existente sobre una ancha zona. Cuando esta capa es muy somera, las galerías pueden convertirse en verdaderos drenes, y el problema se roza en estos casos con el del saneamiento de las tierras, que ha de ser tratado en alguno de los capítulos siguientes. Consíguese así un doble objeto, pues al mismo tiempo que se suprimen las causas de improductividad del suelo, se aprovechan en otra parte las aguas que allí so-



braban. Al mismo grupo podrían también referirse los aprovechamientos de agua procedentes de desagües de minas ó de las alcantarillas de las poblaciones.

Finalmente, las presas subálveas están indicadas en ciertas ramblas de suelo extraordinariamente permeable, por donde el agua que corre en volumen limitado no llega á la superficie de los acarreos, sino en las grandes crecidas producidas por lluvias torrenciales. Si en estas condiciones se corta el paso á la corriente subterránea por una presa que profundice hasta el lecho impermeable, las aguas, para salvar el obstáculo, subirán á la superficie, donde podrán ser recogidas por los medios ordinarios.

Y con esto termino cuanto me proponía decir de las corrientes subterráneas que pueden ser un recurso de importancia en algunos países áridos. Á ellas se deben casi exclusivamente las conquistas que hace de continuo el cultivo sobre el Sahel ó Sahara argelino.

No contento el hombre con buscar el agua sobre la tierra en las costas y hasta en las profundidades del suelo, todavía ha fijado su atención en la atmósfera y pretendido utilizar su humedad provocando artificialmente la lluvia. Tomando por guía las observaciones hechas de lluvias de importancia, sucediendo á batallas en que había jugado principal papel la artillería, se ha ensayado producir explosiones en las regiones más húmedas de la atmósfera, esperando conseguir de este modo la condensación de los vapores. Los resultados obtenidos hasta el día no permiten aún considerar práctico el procedimiento que, de todos modos, es claro que no sería nunca aplicable en aquellos lugares en que la sequedad de la atmósfera es la causa principal de la aridez del suelo.




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

CAPÍTULO II

Reservas artificiales.

Enriquecimiento de las corrientes subterráneas. — Opiniones del Sr. Bentabol.—Papel de los montes.—El libro del Sr. Armenteras.

Visto ya cómo se pueden aprovechar las aguas que en cada momento la Naturaleza nos ofrece, vengamos ya á tratar de aquellos casos en que la abundancia de los recursos no coincide con la extrema necesidad; de modo que, mientras en una época las aguas corren al mar sin ser aprovechadas, en otras son tan escasas que los cultivos son imposibles. Á evitar estos inconvenientes se dirigen las distintas obras y trabajos que tienen por objeto la creación de reservas artificiales.

Dos distintos pueden ser los intentos al crear estas reservas: ó aumentar el volumen de las aguas subterráneas cuyo lento desagüe da á sus corrientes un carácter de permanencia mayor, ó formar verdaderos lagos artificiales ó pantanos que almacenen las aguas sobrantes de la estación lluviosa. Examinemos las dos soluciones.

Ardiente defensor de la primera se presenta el Ingeniero jefe del Cuerpo de Minas, D. Horacio Bentabol, en la obra que, con el título *Las aguas de España y Portugal*, publicó el año de 1900. Son para él las principales ventajas del método que apadrina las de sustraer el agua á la evaporación y al estancamiento, y consiste esencialmente su sistema en favorecer, por todos los



medios posibles, la filtración del agua de lluvia, para recogerla después en los manantiales naturales por donde saldrá al exterior, ó por medio de alumbramientos que la devuelvan á la superficie. Los medios pequeños que recomienda para conseguir estos resultados son numerosos, como la práctica de arar por surcos horizontales en los terrenos secos; la apertura de zanjas, y el establecimiento de muretes y vallados, á lo largo de las líneas de nivel; la ejecución de pozas donde el agua se detenga y sedimente; la disminución de la pendiente general del terreno, disponiéndole en bancales; la construcción de pequeñas presas de piedra en seco á través de los barrancos; la plantación en ellos de matorrales y chumberas, y hasta la mezcla con el terreno de substancias hicroscópicas que, sin perjudicar al cultivo, permitieran fijar la humedad atmosférica.

Admite también los pequeños embalses ó charcas, aunque con desagües permanentes, y los que pudieran producirse por los terraplenes de carreteras y ferrocarriles al paso de los barrancos y cañadas, cerrando parcialmente las obras de desagüe; pero truena contra los grandes pantanos de riego y reguladores, á los que encuentra numerosísimos inconvenientes, que creo que llegan hasta la cifra de 16. Y no es que le asusten al Sr. Bentabol las obras grandes, pero reserva sus entusiasmos para los depósitos y embalses subterráneos que considera como la cúspide ó coronamiento de su complicado sistema hidráulico, y que deben establecerse, según él, ya en las cavidades naturales preexistentes en el terreno, ó en excavaciones ejecutadas directamente, y con especialidad en aquellos *parajes en que la roca sea bastante consistente para que se sostenga el terreno con poco ó ningún gasto de fortificación* (1).

---

(1) Página 193, 1.º



Poco hemos de decir de aquellos trabajos que están al alcance de los propietarios y que no son ninguna novedad, porque ya se emplean en aquellos terrenos en que la sequía es de temer; pero es extraño que, entre ellos, no se cite siquiera el drenaje, cuya eficacia sería probablemente muy superior á la de todos los medios apuntados. Pero además el Sr. Bentabol, que por miedo á la evaporación y al estancamiento recurre á esa filtración forzada, parece olvidar que las aguas no se evaporan sino por su superficie libre, y que si, para favorecer la filtración, se ha de detener el agua sobre extensiones considerables, el mal se aumentará lejos de disminuirse.

Hablaré más adelante de los inconvenientes que se atribuyen á los pantanos, pero no resisto á la tentación de decir dos palabras acerca de esos embalses subterráneos que quieren oponérseles. Es una idea tan peregrina esa de recurrir á la excavación en roca dura de tales depósitos, que difícilmente se concibe cómo se puede fundar en ella la esperanza de influir de algún modo, por tal medio, en el régimen hidráulico de una comarca. Hasta 6 pesetas admite el mismo Sr. Bentabol que puede costar la excavación de un metro cúbico de los referidos depósitos (1), y no es un máximo exagerado; el mínimo de 1,50 pesetas que cita sólo se alcanzará en casos muy raros. Y ¿será de este modo cómo se realice el ideal supremo de conseguir la máxima detención é infiltración de las aguas de lluvia **CON EL MENOR GASTO POSIBLE DE TIEMPO Y DE DINERO?** (que así, con letras grandes, se enuncia el propósito en la página 160). Para contestar á la pregunta bastará saber que en los pantanos para uso agrícola, si son de gran capacidad, el costo del metro cúbico de embalse no suele

(1) Página 325.



exceder de 0,10 ó 0,15 pesetas, y que fluctúa, para las obras de gran importancia, entre 2 y 3 céntimos.

Pero á la idea capital del Sr. Bentabol habría también no poco que oponer. Hacer filtrar las aguas en las profundidades del terreno, perdiendo energías considerables que pudieran utilizarse en saltos y cascadas; convertir la clara y aparente circulación superficial en otra oculta y desconocida, para darse el gusto después de buscar en unos y otros sitios las aguas desaparecidas con todas las dificultades de investigación que antes hemos señalado, hace involuntariamente recordar el patriarcal pasatiempo de los solitarios, ó el no menos socorrido é instructivo juego de los rompecabezas infantiles. Y claro es que, al hablar de las dificultades de recuperar las aguas filtradas, no me refiero á las recogidas en pantanos subterráneos, que el sitio de éstos ya lo recordarían de seguro los que los hubieran pagado.

Aunque no con gran entusiasmo, admite también en su sistema el Sr. Bentabol la repoblación forestal. Empresa es ésta que cuenta entre nosotros con partidarios decididos, entre los que se encuentra el ilustrado ingeniero de montes Sr. Armenteras, que en 1903 publicó un librito en que, bajo el título de *Árboles y montes,* se trata de vulgarizar los conocimientos forestales, labor meritísima y que sólo elogios merecería si no se exageraran ciertas ventajas, agravando en cambio otros inconvenientes, con perjuicio de la imparcialidad científica.

Más adelante he de volver todavía sobre el influjo del arbolado; así es que sólo he de decir aquí dos palabras acerca de la medida de su intervención en el enriquecimiento de las corrientes subterráneas. Es claro que esto sólo podrá conseguirse, ó disminuyendo la evaporación en el suelo, ó haciendo á éste esponjoso y permeable, ó aumentando la cantidad de lluvia.

En la primera parte hemos visto lo que era preciso



pensar de ese pretendido aumento de las lluvias. Las cifras que se citan son, en su mayor parte, sospechosas por lo menos, y el mismo Sr. Armenteras concede escaso valor al hecho, por ejemplo, tantas veces citado, del aumento de días lluviosos en el Cairo por las relativamente escasas plantaciones hechas allí por Mehemet Alí (1). Los hechos que el mismo Sr. Armenteras cita, fundados en la falta de exactitud de refranes meteorológicos locales, prueban bien poco, pues no son mucho más seguros algunos otros, para los cuales las circunstancias no han cambiado, como aquel célebre de que *no hay sábado sin sol,* que no pretenderá el Sr. Armenteras que haya sido verdad nunca. Los cambios de cultivo, que traen consigo necesidades nuevas y otra porción de circunstancias independientes de los bosques, pueden dejar sin aplicación adecuada muchos refranes, cuya significación verdadera es á menudo insegura. La memoria de los ancianos de los pueblos no es tampoco más digna de confianza cuando hablan de hechos que quizá no observaron, y que sólo recuerdan por referencias ó por lo que influir pudieran, tal vez de modo más aparente que real, en sus particulares intereses.

Pero aun admitidos los hechos, nada probarían por sí solos en beneficio de la tesis. Cambios análogos han tenido lugar donde los bosques no han sufrido detrimento alguno, y sabido es que precisamente las grandes irregularidades del fenómeno de las lluvias han impedido hasta ahora estudiar con fruto las leyes generales á que su producción obedece.

De todos modos, el Sr. Armenteras reconoce que la influencia de existir es puramente local, y, por consiguiente, no puede ser tomada en cuenta cuando se trata de aumentar los recursos de una comarca; pero

(1) Página 107.



afirma que la mayor humedad del aire, á consecuencia de la evaporación y transpiración de las hojas, facilita la lluvia; mas este agua, que se evapora del suelo, ha salido y provendrá de una lluvia anterior: al volver á la atmósfera no puede haber la esperanza de recobrarla íntegra, pues los vientos secos arrastrarán siempre una parte; luego, en definitiva, no podrá entrar más agua en la cuenca que la que en ella introduzcan los vientos generales, sobre los cuales no es posible admitir la influencia de los bosques.

Pero todavía los que la admiten reconocen que queda reducida á proporciones mínimas, y en ocasiones insignificantes ó inferiores á los errores de observación. En un 6 por 100 la aprecia Mathieu, y aún es exagerada la apreciación si se la compara con las cifras que dan otros autores; pero todavía las observaciones son contradictorias y unas parecen desmentir á las otras. En suma, la ventaja no es ni grande, ni segura, ni aun probable, pero el gasto es efectivo. ¿Puede ser juicioso fiar el remedio á tan flaco expediente?

En cuanto á la disminución de la evaporación en el suelo es un hecho evidente sólo hasta cierto punto, pues ya sabemos que el bosque consume agua y que lo que no se evapora en el suelo puede evaporarse en las hojas.

La mayor permeabilidad del terreno ha sido también puesta en duda, y si puede admitirse que la imbibición de la capa superficial, rica en mantillo, sea mayor, este efecto es siempre y forzosamente limitado.

De modo que, en definitiva, no son tampoco los montes los que pueden dar solución al problema de almacenar las aguas de invierno para utilizarlas en la estación seca, lo cual no quiere decir que los bosques no sean útiles, *sed hic non erat his locus*.



CAPÍTULO III

Los pantanos.

Presas de tierra y presas de fábrica.—Emplazamiento y planta de la presa.—Perfil.—Circunstancias que influyen en la estabilidad de una presa.—Causas de rotura.—Perfiles modernos. Tendencia á exagerar los peligros de ruina.

Constituyen los pantanos el medio más seguro y menos costoso que poseemos hoy para constituir grandes reservas de agua, y el único que en grande escala se emplea en todas las naciones donde tal necesidad se hace sentir, siendo notables las obras, colosales algunas, realizadas por los ingleses en el Egipto y en la India, habiéndose aplicado igual solución en la Metrópoli en muchos casos, si no precisamente con fines agrícolas, que dado el clima de la comarca no son allí tan apremiantes, para contribuir al abastecimiento de poblaciones. Con este mismo objeto, y también para riegos y para la alimentación de canales de navegación, se han construído bastantes en Francia, nación que los ha prodigado asimismo, y no siempre con acierto, en su colonia de Argelia. Con fines diversos se los ha construído en Alemania, en Italia y en Rusia, y del otro lado del Atlántico son numerosas las obras realizadas y proyectadas por los norteamericanos, especialmente en los áridos departamentos del Oeste, donde, merced á la amplia asignación concedida por el Congreso de la Unión, podrán contar los Estados



Unidos, en un período de treinta años, con 76.680.000 acres más de tierra fértil, unos 34.000.000 de hectáreas. Hasta las Repúblicas españolas del Sur empiezan á entrar ya en la corriente (á pesar de la escasa densidad de su población, que no es el medio más favorable para estas obras), como lo prueba el pantano sobre el río Rimac, en la cordillera de Huaro Chiri, en el Perú, situado á más de 4.000 metros sobre el nivel del mar. También en España existen obras de esta naturaleza, antiguas muchas y recientes, ó en construcción otras, que contribuyen ó contribuirán poderosamente, si se armonizan bien todos los intereses, á aumentar el común acerbo de la riqueza pública; pero desgraciadamente no es la labor tan activa como urgente la necesidad.

De todos es sabido lo que es un pantano. Cortado el paso á un río ó barranco por una presa de altura conveniente, las aguas se acumularán aguas arriba y quedará constituída la reserva, que podrá gastarse cuando sea necesaria por medio de disposiciones adecuadas.

Ocupémonos primero de la presa. Puede formarse de materiales muy diversos: en los antiguos pantanos de la India y de Ceilán, las presas se construían de tierra por capas sucesivas que, asentadas y comprimidas por el paso de hombres y animales y por las alternativas de sequedad y humedad, iban lentamente engrosando el terraplén, que alcanzaba así una homogeneidad suficiente, constituyendo á veces enorme mole, producto del trabajo de una generación.

No entra, naturalmente, este procedimiento dentro de las condiciones de la vida y del trabajo modernos, pero también hoy se construyen presas de tierra, aunque por métodos más poderosos y expeditos, en cuya descripción no puedo entrar aquí. Hanse empleado también presas de escollera y de encofrados, en las que se



adoptan disposiciones especiales para obtener la impermeabilidad.

Pero si el terreno de cimentación es de suficiente resistencia; si la piedra es abundante y de buena calidad; si no es difícil proveerse de buenos aglomerantes hidráulicos, las presas de fábrica son indudablemente preferibles por su mayor resistencia y duración y por la mayor facilidad con que se conservan. Esta solución del problema fué dada por los constructores españoles, y el ejemplo de nuestras antiguas presas, aunque con innovaciones no siempre felices, ha sido seguido con éxito muy vario por los ingenieros modernos.

Finalmente se han propuesto algunas presas de hormigón armado, pudiendo citarse entre ellas el proyecto no aceptado de Hennebique para la construcción de la presa del Nilo, en Assuan; pero en obras importantes este sistema no ha recibido aún la sanción de la experiencia.

Para la economía de la obra convendrá que el río tenga el menor ancho posible, pero la necesidad de embalsar aguas exige un amplio valle donde sea posible retenerlas, y ambas condiciones parecen contradictorias.

Afortunadamente, y por esto son los pantanos una solución feliz, los estrechamientos del valle están limitados de ordinario por macizos rocosos que el río, en sus divagaciones, no ha conseguido socavar, y suelen venir precedidos de ancho vaso debido al trabajo secular de la corriente, con lo que perfectamente se aunan la solidez, la economía y la eficacia.

Una vez elegido el emplazamiento, es preciso fijar la altura, plano y perfil de la presa. La primera depende del agua embalsable y es, en general, muy superior á la de las simples presas de derivación de que hablamos al tratar de las tomas en ríos, á menos que se trate de



enormes superficies receptoras como la del lago Victoria, donde Willcocks, el eminente ingeniero inglés, autor del proyecto de la presa de Assuan, propone construir una obra de solo 3 metros de altura para embalsar 16.200.000.000 de metros cúbicos con que reforzar el caudal del Nilo (1).

En cuanto á la planta, se han construído modernamente algunas presas con trazado rectilíneo; pero en las antiguas presas españolas, y en un gran número de las recientes, se ha preferido el trazado en arco de círculo, que tiene la ventaja de referir á las laderas una parte del empuje del agua. La presa obra así á la manera de las bóvedas, y estando comprimida en todos sus puntos se impiden ó dificultan las grietas verticales á que pueden dar origen las desiguales dilataciones en los bruscos y repetidos cambios de temperatura. Aquí, el instinto de nuestros constructores se adelantó á los dictados de la ciencia, no siempre escuchados después, pues no han faltado presas como la tristemente célebre de Bouzey, arruinada en Francia en 1896, cuyo trazado rectilíneo y débil sección fueron con dureza criticados por algún ingeniero.

Y vengamos al perfil. No es posible entrar en un trabajo como el presente en la explicación de los cálculos, á menudo complicados, á los que se fía el estudio del perfil de una presa; pero para poder sugerir una idea, siquiera sea somera de los mismos, será conveniente una ligera digresión.

Si consideramos un macizo cualquiera empujado en determinado sentido por una fuerza horizontal, que sería, en nuestro caso, el empuje del agua, ésta se

(1) El nivel del lago sólo subiría 9 pulgadas inglesas, ó sean unos 22 centímetros.—Willcocks. *The Nile Reservoir Dam at Assuân and after*, 2.ª edición, pág. 14.



combinará con su peso; y si ningún obstáculo se opusiera al movimiento, el mazizo sería transportado en una dirección oblicua por la resultante de las dos fuerzas en juego.

Pero supongamos que unas de las caras del cuerpo sea plana y horizontal y que insista sobre otra superficie plana de apoyo: el movimiento solicitado no podrá ya producirse; la gravedad permanecerá inactiva ante el obstáculo, y, para que el empuje horizontal se traduzca de algún modo en movimiento, el macizo tendrá que deslizar sobre su superficie de apoyo (figura 11) ó que girar alrededor de su arista antero-inferior (figura 12). Al movimiento primero se opone el rozamiento que se desarrolla en las superficies en contacto, y al segundo el peso del cuerpo que tendría que ser levantado para que el giro se verificase.

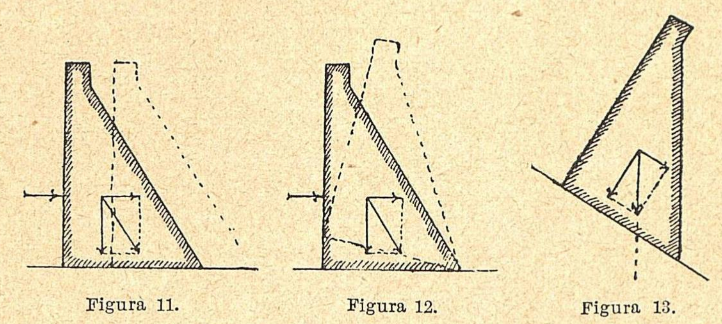


Figura 11. Figura 12. Figura 13.

Por lo que hace al rozamiento, el cuerpo se encuentra en condiciones análogas á las en que se encontraría si sólo estuviera solicitado por su peso, pero colocado sobre un plano de inclinación conveniente (figura 13). En tales condiciones, como fácilmente puede comprobarse por una experiencia familiar, el cuerpo no desliza hasta que la superficie de apoyo forma un cierto ángulo con la horizontal. Si se consigue, pues, que la resultante de las dos fuerzas forme con la vertical un

ángulo inferior á ese límite, el deslizamiento se habrá impedido por completo; y como la inclinación de la resultante depende de las magnitudes relativas de las dos fuerzas en juego, de las cuales el empuje del agua permanece el mismo mientras la altura no varía, y el peso depende de la forma más ó menos abultada que demos al macizo, fácilmente se comprende que se puede llegar á dimensiones que, para este efecto, aseguren el equilibrio.

Para los efectos del giro (figura 12) el cuerpo podría asimilarse á una palanca que tiene su apoyo en el vértice inferior de delante, y sobre la cual actúan el empuje y el peso, que tratan de hacerla girar en sentidos contrarios. La energía de estas acciones no depende sólo de sus intensidades respectivas, sino también de sus distancias al punto de apoyo; y como ni la intensidad ni la distancia del empuje varían porque aumentemos los anchos de la sección, mientras que el peso crece evidentemente de este modo, se concibe también que habrá dimensiones, á partir de las cuales la gravedad será predominante, y el peligro de giro se habrá evitado.

Si estas condiciones se realizan, no sólo para la presa entera, sino también para cada porción de presa que quede por encima de un plano horizontal cualquiera, parece que el problema está ya resuelto, y que no hay ya motivo de nuevas preocupaciones. No es así, sin embargo. La estabilidad estaría conseguida si la presa y el terreno fueran *absolutamente* duros y resistentes; pero estas cualidades, sea cualquiera el material, tienen un límite, y es preciso que este límite no se alcance en ningún sitio de la obra, pues de lo contrario la presa se rompería por ese sitio, y, alteradas ya las condiciones iniciales, podrían las fuerzas en juego recobrar su imperio. Se concibe, en efecto, que, aumen-



tando las tendencias al giro, el vértice anterior, que habría de servir de apoyo, se hallará cada vez más cargado, y tal podría llegar á ser la carga, que la presa ó el apoyo se aplastaran, reduciéndose á polvo en una extensión mayor ó menor. Por una ú otra causa, ó por las dos juntas, la superficie de asiento disminuiría, y al disminuir se agravaría el mal que iría progresando, y acabaría por la total ruina de la obra.

Para prevenir este peligro, el único que temían los primeros Ingenieros franceses que trataron de aplicar el cálculo á estas obras, fijaron un límite á la compresión, bastante bajo por cierto, y creyeron con esto asegurada la estabilidad de las presas.

Algunos sensibles y ruidosos fracasos vinieron á demostrar que el problema no se había resuelto. Las presas se rompían y, sin embargo, las compresiones calculadas no alcanzaban á las que daba el mismo cálculo para las antiguas presas españolas, cuyos perfiles eran, sin embargo, tan criticados entonces de propios y extraños. ¿Qué nuevo factor entraba en juego?

Si imaginamos un cajón rectangular de madera ó de palastro, pero de volumen suficiente para que pueda flotar sobre el agua con una carga de cierta importancia, el cajón se mantendrá horizontal si ésta se encuentra igualmente repartida; pero si se va acumulando hacia una de las bandas, el cajón se inclinará cada vez más hacia este lado, la arista opuesta del fondo acabará por aparecer en la superficie del agua; tras ella irá quedando en seco una porción de fondo cada vez mayor, y si la carga es suficiente, el cajón acabará por irse á pique.

Pues en las presas puede ocurrir algo análogo. La mayor carga sobre el paramento de aguas abajo puede contribuir á levantar el de aguas arriba, ocasionando allí grietas que, no sólo disminuyen la superficie de



apoyo, lo que no sería inconveniente (pues si las precedentes condiciones se habían satisfecho con la superficie comprimida, habría bastante), sino que además, permitiendo la entrada del agua á presión por debajo del macizo, introducen una nueva fuerza que pugna por levantarle, debilitando su peso y alterando completamente las condiciones del equilibrio supuesto.

Para evitar esta nueva causa de debilidad se aconsejó que toda la superficie de apoyo se encontrara comprimida. Ya el fondo del cajón no habría de salir del agua; pero esto podría ser sólo en tiempo bonancible, cuando sólo actuaran el peso de la carga y las presiones hidrostáticas del líquido en equilibrio. ¿No habría nada que temer todavía de las tempestades, del oleaje? Así era, en efecto. Aparte de los esfuerzos normales á que la presa está sujeta, otros accidentales podían presentarse y había que prevenir. Los bruscos cambios de temperatura, produciéndose sobre materiales tan poco conductores del calor, como lo son la mayoría de las piedras, pueden dar lugar á dilataciones desiguales, originarias de tensiones ó presiones adventicias, cuyos resultados podrían ser grietas en el paramento mojado.

En vez de tratar de evitarlas, cosa imposible por la gran irregularidad de estos esfuerzos, recurrió Lévy al expediente de prevenir sus desastrosos efectos. ¿Cómo? Haciendo que en cada punto del paramento mojado el material se encontrara no solamente comprimido, sino con una presión por lo menos igual á la del agua. De este modo la grieta podrá formarse si á tanto llegaran, que es dudoso, las fuerzas irregulares; pero su acción temporal pasará al cabo y la presión del agua no podrá continuar la obra destructora; las fuerzas normales llegarán á vencerla, y la grieta, en mal hora producida, se cerrará de nuevo. Pasó la tempestad y la calma renace. *Post nubila phœbus.*

Á consecuencia de estas nuevas consideraciones, los perfiles de las presas que hoy se construyen son ya más robustos que los aplicados por los ingenieros franceses del pasado siglo, que, si eran notables por su elegancia y valentía, son condenados ya hoy por débiles y temerarios. No se ha llegado, sin embargo, á los antiguos perfiles españoles que tan abultados nos parecen hoy; pero antes de convertir la extrañeza en censura, es preciso considerar cómo están construídas interiormente aquellas presas con mampostería de bloques pequeños y ripios abundantes, tomados con morteros poco ó nada hidráulicos, para comprender que sería á todas luces injusto el criticar á aquellos hábiles constructores, por haber dado á sus obras dimensiones más *macizas* que las que exigen nuestros modernos materiales y nuestros mayores progresos en el arte de construir. Sus obras existen ahí, al menos, atestiguando su resistencia; no podrían presentar algunos de sus censores iguales títulos al respeto de la posteridad.

Los numerosos fracasos que se produjeran en el período de tanteos que ha precedido al establecimiento de las modernas teorías, han desalentado á muchos y creado una atmósfera perjudicial á los pantanos, constituyendo una de las principales objeciones de sus no escasos, ni en ocasiones desinteresados, contradictores; pero semejantes observaciones, ó están destituídas de fundamento ó serían igualmente aplicables á una porción de obras, á las que nadie ha pensado en declarar inútiles ni perjudiciales. Cierto que las roturas de presas son accidentes desastrosos; pero ¿acaso no han producido más víctimas los ferrocarriles, sin que por eso se le ocurra á nadie viajar en carretas? Las pérdidas de vidas y riquezas en los naufragios, ¿justificarían nunca la supresión de los buques? ¿Habría que prescindir de las casas, porque también se hunden? ¿Sería



cosa de ir á habitar el Sahara, porque el agua inunda, ó que padecer pacientemente el frío del invierno, porque el fuego quema?

Pero se dirá: «Todo eso es necesario; sin ello la vida es imposible; á cambio de sus ventajas sufrimos sus inconvenientes.» Pero, por ventura, ¿no vivían también nuestros venerables antepasados de la edad de piedra (por no remontar más lejos en las obscuridades de la prehistoria) sin todos estos medios que la civilización pone hoy en nuestras manos como *máquinas infernales entregadas á los caprichos de un niño?* Tampoco ellos tenían pantanos; tampoco los tienen hoy muchas comarcas, abrasadas por un sol de justicia más cruel, en ocasiones, que el casco exterminador del caballo de Atila; pero allí la vida se mantiene por fuerza en un marco más estrecho, la densidad de la población es menor, y si no hay roturas de presas que ocasionen víctimas, es que tampoco hay víctimas que ofrecer en el altar de la vengativa Naturaleza.

El célebre economista Bastiat, entre sus obras de vulgarización, tiene un precioso trabajo titulado *Lo que se ve y lo que no se ve*, en el que trata de demostrar lo equivocadamente que suele juzgar la opinión los hechos económicos. Hace notar allí cómo ciertos sucesos raros, pero aparentes, hieren de modo más profundo la imaginación popular y aun la ilustrada que los numerosísimos y familiares, pero que, á fuerza de conocidos, dejan ya de preocupar nuestra atención.

Y si esto ocurre en asuntos triviales, en los que nuestro interés no se encuentra sino débilmente comprometido, ¿qué será cuando se eche en un platillo de la balanza la descripción detallada de algunos de esos desastres con toda su cohorte de horrores y de destrozos? El ánimo se anonada ante lo repentino de la catástrofe; no ve más que las vidas segadas de raíz, las tierras



arrasadas y la fortuna de siglos destruída en un minuto; pero no ve que nada de aquello habría existido sin el pantano, y que sólo la vida puede pagar á la muerte el obligado tributo.

Es claro que si la catástrofe fuera inevitable, si como algunos afirman, aunque ninguna prueba fuera tan sólo cuestión de tiempo, la prudencia aconsejaría prescindir de obras que serían una amenaza constante para los terratenientes inferiores. Pero tales augurios son de una exageración manifiesta. La existencia de presas como la de Almansa, construída en el siglo XIV, ó la de Tibi, contemporánea y atribuída á Juan de Herrera, el arquitecto del Escorial, prueban que la permanencia de una presa no es cosa imposible, aun más allá de los límites de toda prudente previsión. Muchas de las destruídas, como la primera de Lorca, debieron su ruína á cimentaciones defectuosas, y la mayor parte de las que modernamente se han arruinado lo han sido por la debilidad de su perfil, á la que se ha unido casi siempre la mala ejecución de las mamposterías. Las causas son ya conocidas y los medios de evitarlas existen. ¿Por qué extremar los temores?

Háblase del enorme poder disolvente del agua, de las filtraciones inevitables á través de las mamposterías, del arrastre de los morteros y de otra porción de cosas que, á tener la importancia que cuentan, habrían ya destruído no sólo las presas, sino los puentes, esclusas, diques y cuantas obras se construyen en el agua. No nos preocupemos demasiado por tales efectos, que si son de notar en las enormes duraciones geológicas, están fuera de proporción con la limitada vida de los individuos y de los pueblos.

Cuando existen pantanos que se mantienen en explotación desde más de cuatrocientos años, no se puede probar, con todos los artificios del más hábil sofista,



que sean obras perecederas en un plazo no muy largo. Y si la existencia de un pantano puede prolongarse cuatrocientos años, por lo menos, ¿qué nos importa ya lo demás? Todos conocen cómo crece un capital á interés compuesto. Con el interés corriente del dinero, el que produce el papel del Estado ú otros valores seguros, el capital se duplica en unos diez y seis años. Suponiendo que fueran precisos veinte, en cuatrocientos años se podrá duplicar un capital veinte veces, y, por un cálculo que está al alcance de todos, se puede comprobar que una peseta de hoy podría convertirse, al cabo de los cuatrocientos años, en 1.048.576 pesetas, ó lo que es lo mismo, que este millón y pico, á cobrar ó á pagar dentro de cuatrocientos años, no vale hoy más que una peseta. Pues bien, ese millón y pico es lo que puede costar un pantano. ¿Qué significaría que se arruinara dentro de cuatrocientos años? Pues significaría que nos costaba una peseta más al construirle. Y ¿qué ingeniero puede tener la pretensión de ser tan exacto en sus presupuestos? ¿Ni qué capitalista retrocedería en obra de tal naturaleza ante el insignificante sacrificio de esa peseta suplementaria?

Pero ¿y los daños causados?, se dirá. Supongamos que no hayan podido prevenirse ni evitarse, lo cual es ya mucho suponer, ¿á cuánto ascenderán los destrozos? ¿Á diez millones, á veinte, á ciento? Pues otras tantas pesetas que tenemos que agregar á su pasivo. ¿Y las vidas? ¡Ah! Las vidas no serán seguramente tan numerosas como las que el pantano haya librado de una muerte cierta, ó como las que habrá hecho brotar en fecunda oleada de los abismos del no ser.



CAPÍTULO IV

Los pantanos.

(Continuación.)

Vertedero de superficie.—Toma de aguas.—Aliviadero de fondo.—Limpias.—Examen de las objeciones que suelen hacerse á los pantanos.—Grandes y pequeños embalses.

La considerable altura de las presas de embalses haría temerario el intento de dejar verter, por encima de ellas, las aguas que llegaran al pantano cuando éste se encontrase lleno. La velocidad que alcanzarían en su caída, y con la cual chocarían contra el pie mismo de la presa, podría ser causa de socavaciones, siempre peligrosas, pero especialmente en esa parte de la zona de apoyo donde los esfuerzos llegan á su máxima intensidad.

Para evitar estos efectos, que ocasionarían, de no ser atajados, la rápida ruina de la obra, se hace preciso proveer á los pantanos de un *vertedero* ó *aliviadero de superficie*, cuyas dimensiones deben calcularse de modo que ni aun en las mayores avenidas sea alcanzado por las aguas el nivel de la coronación de la presa. Puede disponerse este aliviadero en trinchera, sobre uno de los macizos que sirven de estribo á la presa, ó pueden construirse dos, uno en cada ladera, pero cuidando en todos los casos de que las aguas sean alejadas lo más posible de la obra. También se puede dar salida á las aguas por medio de un túnel, cuando por la forma es-



pecial del terreno sea esta solución preferible á la trinchera, y hasta podrá llegar á utilizarse como vertedero una parte, la menos alta, de la presa misma, aunque es claro que en este caso habrá que tomar disposiciones especiales, para prevenir el efecto de las socavaciones dañosas.

Además del vertedero de superficie, será preciso establecer á altura conveniente la *toma de agua* para riegos, procurando que deje por encima el mayor volumen posible de embalse y por debajo la mayor zona regable dominada. Es claro que ambas condiciones son contradictorias y que habrá que elegir aquel término medio en que mejor se compensen los inconvenientes con las ventajas.

Las obras de toma podrán consistir, ya en un pozo agujereado por barbacanas á distintas alturas, que permitirán la entrada del agua, la que será recibida en seguida en la cabeza del canal de conducción, y es el caso de los antiguos pantanos españoles, ó bien en una serie de tubos de hierro colado, empotrados en la fábrica de la presa, y que terminan de la parte del canal en grifos. En uno ú otro caso serán precisas compuertas ó llaves que permitan regularizar el desagüe, atemperando el gasto de agua á las necesidades variables de los cultivos.

Finalmente, para dejar en seco el pantano, cuando así lo exijan las circunstancias, en las limpias, por ejemplo, deberá proveérsele de un desagüe ó *aliviadero de fondo,* cerrado en tiempos normales por compuertas de fácil y segura maniobra. Esta parte de la obra es importantísima, pues mediante ella se podrán expulsar del pantano las materias sólidas que llevara en suspensión la corriente alimentadora.

Mucho se ha exagerado la importancia de estos aterramientos, en los que los enemigos de los pantanos



encuentran otro de sus más poderosos argumentos contra esta clase de obras. Es cierto que se citan casos de pantanos parcial y aun totalmente obstruídos por los tarquines, pero no siempre se detienen los impugnadores á examinar las causas verdaderas de la obstrucción. El clásico ejemplo del pantano de Valdeinfierno prueba bien poco, pues allí nunca se maniobraron las compuertas de fondo, y en esas condiciones, sin un agua cristalina y purísima, como no la conduce río alguno del orbe, ¿qué pantano no había de rellenarse? En muchos casos, la mala dirección de las limpias ó su escasa frecuencia son las causas verdaderas del mal, que no siempre es imposible de atajar, aun en aquellas corrientes donde la proporción de los arrastres es considerable, aunque sin llegar nunca al 70 por 100 del volumen total, como con exageración notoria apunta el Sr. Armenteras en su obra citada (1), pues eso no podría ser agua turbia, sino lodo en estado pastoso, imposible de caminar por las pendientes relativamente débiles de los ríos y arroyos.

En el pantano de Puentes, en Lorca, las condiciones son de las más desfavorables: las turbias del *Guad-al-Antín,* ó río del lodo, son extraordinarias: los sedimentos, en los primeros años de la explotación, considerables, y, sin embargo, hoy el mal parece dominado hasta tal punto que, con maniobras oportunas de las compuertas al presentarse la avenida, se llega á reducir de tal modo la cantidad de los depósitos, que llega á ser inapreciable en los sondeos (2). Aparte de estas maniobras, las limpias generales reducen considerablemente el volumen de los arrastres depositados; y si estas opera-

(1) Página 89.
(2) Egea (D. Ricardo). Memoria sobre la explotación del pantano de Puentes.



ciones llevan consigo gastos, ni son tan considerables como se quiere dar á entender, ni éstos pueden evitarse tampoco en otra clase de obras, que á nadie se le ocurre criticar porque exijan trabajos de conservación. Los acopios de piedra en las carreteras, las traviesas en los ferrocarriles, las limpias de fondos en los buques, los desagües mineros, los gastos de guardería forestal, sin los cuales los montes no pueden conservarse ni las repoblaciones ser fructuosas, desembolsos son de la misma índole á los que hay que resignarse, por mucho que se lamenten, porque, como dijo hace ya mucho tiempo la sabiduría popular, «no se pescan truchas á bragas enjutas».

Con las precauciones antes indicadas, la conservación de la capacidad de los pantanos no es problema tan difícil en el caso general de las turbias corrientes; y si en los ríos de turbias cenagosas la pericia y la actividad del personal encargado de la obra están en constante prueba, tampoco es imposible la victoria. Los sedimentos se producen preferentemente en los primeros años, pero no crecen ya, á menos de la falta absoluta de limpias, con igual rapidez; los depósitos alteran la pendiente general del lecho y favorecen la eficacia de las limpias, de modo que, aun en el caso más desfavorable, el mal tendría un límite y todo se reduciría á que la capacidad útil del pantano se haría inferior á la primitiva, cosa que podría también tenerse en cuenta en estos casos excepcionales elevando más la presa, con lo cual no crecería, sino que más bien disminuiría la importancia de los depósitos por las velocidades mayores de la corriente de fondo. Y no es esto decir que no se deba estudiar este punto con todo detenimiento en los nuevos pantanos; sólo quiero hacer notar que no tiene la objeción la fuerza que se le supone.

Se ha dicho también de los pantanos que son obras



caras, y, como basta de ordinario decir las cosas alto y con seguridad para ser creído, por caras las reputa casi todo el mundo sin más examen. Si las palabras no fueran más sonoras que las cifras, poco costaría demostrar que una modesta carretera de 30 kilómetros puede ser tan cara ó más que un pantano, y que se podrían construir muchos con lo que cuesta un solo ferrocarril, un puerto ó un acorazado.

Se acusa á los pantanos porque no son obras remuneradoras para las empresas que los construyen, y esto podrá ser y aun es cierto muchas veces; pero no demuestra que la obra sea inútil, sino ó ya que los intereses no han sabido armonizarse para conseguir todas sus ventajas, ó que éstas, corriendo por cauces muy distintos de los que exigiría la justicia, van á aumentar la riqueza de los que menos han contribuído á la obra; pero estas son dificultades de otra índole que tampoco son imposibles de evitar y de las cuales nos hemos de ocupar más adelante.

Se los censura porque sólo benefician á los terrenos inferiores á ellos, lo cual es tan congruente como criticar al Transiberiano porque no nos transporte á Grazalema.

Se exagera la gran superficie que dejan improductiva, como si fueran de ordinario tan fértiles ni ricos los terrenos que ocupan y no compensaran ampliamente esta deficiencia con la fecundidad que prestan á las tierras inferiores. ¡Y esto lo dice quien con balsas, charcas, hoyos y regueras invadiría todo el suelo cultivable de España, si en él hubiera de recoger las aguas que, reunidas en lugares determinados, pueden embalsar algunos pantanos!

Se da excesiva importancia á la evaporación, que indudablemente merma el volumen embalsado, pero siempre á cambio de aumentar la humedad atmosféri-



ca, templando con ello los rigores del clima. De todos modos, el agua que por ese concepto se pierda, sin el pantano habría corrido estérilmente al mar; y aun en el caso en que se hubiera conseguido filtrarla á través del terreno, ¿es tan seguro que la diferencia entre el agua filtrada, y la que en los alumbramientos posteriores pudiera recogerse, hubiera de ser inferior á la que por evaporación se perdiera?

Pero, además, la pérdida no será en ningún caso más que la de una lámina de agua de espesor igual al de la evaporación anual del lugar de que se trata: este espesor podría, pues, ser hasta de algo más de 2 metros, lo cual, si representaría una porción respetable del volumen total en un embalse pequeño, en los grandes pantanos, con alturas de presa superiores á 25 metros, difícilmente llegaría al 10 ó 20 por 100 de la reserva utilizable.

Y aun todavía estos límites son excesivamente exagerados. Ya hemos dicho que la evaporación sobre las grandes superficies jamás alcanza á la que tiene lugar en vasos pequeños, que es, sin embargo, á la que se refieren los datos ordinarios de los Observatorios. El Ingeniero de puentes y calzadas, Salles, observando la evaporación que tenía lugar en Arlés durante los años de 1876 á 1882, en depósitos de 9 metros cúbicos de cabida y de profundidad variable de 0,50 á 1,50 metros, encontró una evaporación anual de 1,05 metros, mientras que con el evaporímetro se había encontrado en el mismo período 2,20 metros, es decir, más del doble. Y si para superficies de 18 metros cuadrados, como máximo, la reducción es ya tan considerable, ¿cuánto más no lo será en las grandes extensiones que un pantano puede cubrir con sus aguas? ¿Será exagerado el afirmar que para los grandes pantanos rara vez excederá la pérdida del 10 por 100 del volumen almacenado?



Á las pérdidas por evaporación agregan los contradictores de los pantanos las que por filtración pudieran producirse; pero aparte de que no deberían ser éstas tan alarmantes para los partidarios del enriquecimiento de las corrientes subterráneas, todavía habría que recordar, que no son precisamente los terrenos permeables los que se recomiendan para construir pantanos, y que cuando se trata de apreciar las ventajas y los inconvenientes de un sistema, lo primero es colocarse dentro de sus condiciones de aplicación. Ciertamente que no siempre se ha tenido en cuenta esta circunstancia y que, por olvidarla, alguna obra ha dejado de responder al designio con que se la construyera; pero lecciones son estas para que en lo sucesivo sean aprovechadas, y lejos de significar un argumento contra los pantanos al poner de relieve el peligro, ensanchan nuestros conocimientos en la materia y constituyen una garantía más contra futuros fracasos.

Hay todavía otro punto del cual nunca se olvidan los enemigos de los pantanos. Me refiero á los temores de paludismo. Una lamentable homonimia, que pone de manifiesto el error del proverbio francés de que «el nombre no hace la cosa», da aspecto de verosimilitud á aquella afirmación, para los que no están muy versados en estas cuestiones.

La palabra *pantano* recuerda siempre los terrenos encharcados, las lagunas maláricas, y se asocian con frecuencia dos ideas sin el discernimiento debido. Como en alguno de los capítulos siguientes he de volver sobre este punto, no quiero extenderme ahora sobre él; pero sí tengo que hacer notar que no son los depósitos de aguas profundas, como los lagos y los grandes pantanos, los que presentan condiciones favorables al desarrollo del paludismo, sino las lagunas de escaso fondo y aun los terrenos en que el agua no llega á aparecer



en masa sobre la superficie, pero se encuentra á una débil profundidad bajo el suelo. En los grandes pantanos de laderas pendientes, sobre las cuales el agua escurra con rapidez, el paludismo no debe temerse, sobre todo si al desagüe natural del terreno se agregan plantaciones de eucaliptos ú otros árboles análogos de rápido crecimiento.

Pero, además, los emplazamientos de los pantanos suelen ser ya palúdicos, y el mal entonces, lejos de agravarse, debe disminuirse, porque se aumenta en los bajos la masa de agua, y se transporta á niveles de más fácil saneamiento la zona de terrenos sometida á las alternativas de sequedad y humedad.

Aun admitiendo la conveniencia de los embalses, todavía una opinión intermedia, desfavorable á las grandes presas, se inclina á la construcción de pantanos pequeños. Es verdad que estas reducidas empresas, más al alcance de la iniciativa privada, permiten fraccionar el problema, reduciéndolo á términos más sencillos y haciendo posible que el desarrollo de las obras hidráulicas corra parejas con la inevitable transformación de los cultivos; pero al lado de estas ventajas presentan otros inconvenientes que en algunos casos los harán totalmente inexplicables. Á igualdad de volumen embalsado, la superficie ocupada por los pequeños embalses es mucho mayor que la que ocupan los pantanos grandes, y las pérdidas por evaporación y filtraciones estarán de uno á otro caso, y á igualdad de las demás condiciones, en relación análoga.

Esta sola consideración es suficiente para comprender la ineficacia, en los países cálidos y secos, de esos pequeños embalses que podrán prestar, sin embargo, útiles servicios en aquellas regiones montañosas y húmedas en que las pérdidas apuntadas, y en especial las por evaporación, no alcanzan, ni con mucho, propor-



ciones tan extraordinarias, al mismo tiempo que las más frecuentes lluvias permiten llenar el embalse varias veces en el año.

También el coste de un sistema de pequeños pantanos será superior, probablemente en la mayoría de los casos, al de uno solo de volumen equivalente, aunque también es cierto que el fraccionamiento del gasto y el pronto resarcimiento de los desembolsos hechos podrían conducir á una combinación económicamente más provechosa.

En resumen: no parece que, en términos generales, puede hacerse cuestión de la magnitud de los embalses. En este punto las condiciones locales darán, en la mayoría de los casos, el problema resuelto, y el ideal deberá ser obtener el máximo provecho de cada uno de los emplazamientos posibles.

Con lo dicho quedan contestadas las objeciones más poderosas ó más aparentes que contra los pantanos se formulan. En estos últimos tiempos la pasión política y la lucha de intereses han aumentado bastante el número de los enemigos de los pantanos. No hay que censurarlos demasiado. En guerras estériles y desastrosas hemos perdido cien mil vidas, hemos derrochado millones. Es preciso ahora cicatrizar esas heridas, fomentar nuestra agricultura, desarrollar nuestra riqueza. No caminemos demasiado deprisa: ha sonado la hora de la prudencia.

Y suena la hora de la prudencia cuando los *visionarios* ingleses despliegan sus *impremeditadas novelerías* hidráulicas en la India y en el Egipto, donde el año 1902 se inauguró con gran pompa, por el Duque de Connaught, la gran presa del Nilo, en Assuan, capaz de producir un embalse de 1.000.000.000 de metros cúbicos, que aún se elevará al triplo con el recrecimiento proyectado, empresa en la que se han invertido seis

millones de libras esterlinas. No de otro modo se domina al mundo (1).

---

(1) La descripción de las obras ejecutadas en Egipto por los ingleses puede verse en la notable Memoria escrita por los señores Nicolau y Puig de la Bellacasa, con motivo de su viaje de estudio á Egipto. (*Revista de Obras públicas,* 26 de Agosto de 1905 y números siguientes.)



CAPÍTULO V

Elevación del agua.

Elevación y conducción. — Energía necesaria para elevar un cierto caudal de agua.—Motores y máquinas elevatorias.

Hemos estudiado en los capítulos anteriores los medios de proveerse del agua necesaria, y ahora debemos ocuparnos de los que pueden emplearse para su conducción y aprovechamiento. En la conducción de las aguas dos casos distintos pueden presentarse: el punto de llegada ó está más bajo ó más alto que el de partida. En el primero, el agua marchará por su propio peso y sólo habrá que indicarle el camino; en el segundo, será preciso elevarla.

Si en este último caso la longitud del trayecto es considerable, resultaría extraordinariamente complicada y costosa la conducción del agua en marcha constantemente forzada, y, para eludir tan grave inconveniente, se concentran en un solo punto, ó en algunos, muy pocos, todos los desniveles que se oponen al movimiento, y vencidas allí esas resistencias, el agua se mueve en el trayecto restante por la acción de la gravedad. Es lo más frecuente que la elevación del agua, cuando es necesaria, se efectúe en la toma, pues en el lugar de empleo no son de ordinario tan pronunciados los desniveles que hicieran preferible la solución contraria, y siendo en el caso más general la elevación lo



primero, parece natural empezar también por ella nuestro estudio.

Para la elevación del agua será precisa una energía. ¿Qué energía podrá ser ésta? ¿En qué cantidad será necesaria? ¿Por qué mecanismos aplicada? Tales son las cuestiones que desde luego se nos presentan al abordar el problema. Sabido es que se entiende por *energía* todo medio cualquiera que sea capaz de vencer una cierta resistencia; la importancia de esta resistencia y el camino que se la hace recorrer, contrariándola, miden la *energía desarrollada* ó el *trabajo consumido* para conseguir ese efecto.

En el caso particular en que se trata de levantar un cuerpo pesado, la resistencia que hay que vencer es el peso mismo del cuerpo, y el camino recorrido por esa resistencia será precisamente igual á la diferencia de nivel existente entre el punto de llegada y el de partida. El trabajo necesario para elevar un kilogramo á un metro de altura, recibe el nombre de *kilográmetro*, y es este trabajo el que se suele tomar como unidad para medir un trabajo cualquiera: el necesario para elevar el cuerpo será, pues, de tantos kilográmetros como kilos pese por cada metro que, según la vertical, haya de recorrer, ó lo que es lo mismo, será igual al producto del peso en kilos por la altura en metros.

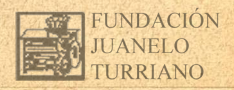
Este trabajo es independiente del tiempo que se tarde en aplicarlo: podrán variar en todo caso las pérdidas que por rozamientos ú otras resistencias pasivas absorban ó disipen motores y mecanismos; pero el trabajo realmente utilizado en la elevación será siempre el mismo. Ocurre, sin embargo, con frecuencia, y es el caso que en particular nos interesa, que el peso total que hay que elevar queda indeterminado por tratarse de un servicio continuo ó intermitente pero periódico, y en el que el único dato que se fija es la porción de ese peso



que se ha de elevar en un tiempo dado. Será preciso para ello que el motor sea lo bastante potente para que en ese tiempo desarrolle la energía necesaria para la realización del trabajo pedido.

La potencia necesaria para desarrollar 75 kilográmetros en cada segundo recibe el nombre de *caballo de vapor*, y ésta es la unidad con que suele medirse la potencia de un motor cualquiera.

Tras estos indispensables preliminares, vengamos ya al caso concreto de la elevación del agua. El estudio de las necesidades nos permitirá conocer cuál es la cantidad que en cada momento será necesario elevar: la altura vendrá determinada por las consideraciones que antes hemos expuesto; y como el litro de agua (si se prescinde de las pequeñísimas variaciones que en parte se compensan y que son debidas á las impurezas y á los cambios de temperatura) pesa precisamente un kilogramo, se deduce, por un cálculo muy sencillo, una simple multiplicación, el número total de kilográmetros que habrá de producir cada segundo, y si todavía se divide este número por 75, tendremos en definitiva la potencia en caballos necesaria. Pero al motor será preciso pedirle algo más: al elevar el agua, además de ese trabajo principal, de ese trabajo útil, habrá que hacer otros para vencer una porción de resistencias secundarias. No es posible que todas las moléculas del líquido adquieran la misma velocidad, que ésta sea rigurosamente vertical y que se anule en el momento preciso de llegar á la altura deseada; resultarán de aquí rozamientos interiores y rozamientos con las paredes; y estas resistencias, que acompañarán á las moléculas en su movimiento, exigirán trabajo para ser vencidas. Nuevas cantidades de energía serán absorbidas por las transmisiones, por los rozamientos interiores del mecanismo, aunque se atenúen con engrases, por la rigidez



imperfecta de sus piezas; y todas estas energías tendrá también que suministrarlas el motor, cuya potencia deberá ser por estas razones un 25 ó un 30 por 100 superior á la teóricamente necesaria. Ni aun sería prudente limitarse á términos tan estrictos: las irregularidades del servicio, las averías posibles, circunstancias imprevistas, pueden obligar en ocasiones á forzar la marcha, y será necesario disponer de algún huelgo que deberá ser calculado, en cada caso, sin lujo, pero sin tacañería.

Conocida la potencia necesaria en el motor, todavía nos faltará elegir éste, y de la elección dependerá en muchas ocasiones la economía del servicio y hasta la posibilidad de la empresa. Si las cantidades que hay que elevar son mínimas, el motor puede ser el hombre ó puede utilizarse el trabajo de los animales domésticos. Á falta de éstos, podría recurrirse á molinos de viento, aunque la adopción de este sistema esté siempre más subordinada que la de otros á las circunstancias locales. En determinados casos, los motores hidráulicos están indicadísimos, como cuando se trata de elevar una parte del caudal de una corriente en el sitio mismo en que aquélla presenta un salto ó en que éste es de construcción fácil; puede entonces utilizarse la caída del resto del agua en la elevación de la parte que se hubiera de aprovechar, empleándose al efecto ruedas ó mecanismos especiales y variados, como el célebre artificio de Juanelo en el Tajo, ó motores de disposición más moderna, entre los cuales la turbina representa el tipo más usual. Donde el motor hidráulico no sea posible, podrá emplearse el de vapor ó de gas, en máquinas fijas ó locomóviles, en las que se utiliza la energía almacenada en el carbón ó en la leña. Unos y otros transforman en trabajo sólo una parte del calor de la combustión, y aunque la proporción es mayor para el motor



de gas, no hay que deducir de aquí que sea éste en todos los casos preferible al de vapor. Dificultades de instalación, la naturaleza y el precio del combustible, las exigencias del servicio pueden influir considerablemente en la elección que es preciso estudiar todavía en cada caso.

Puede utilizarse también el motor eléctrico; pero en este caso es alguna de las energías mencionadas la que ordinariamente se emplea y se transforma, pues las manifestaciones naturales de la electricidad no se presentan ni en cantidad suficiente ni con la regularidad debida para que puedan ser directamente aprovechadas. Podría parecer extraño eso de recurrir á una transformación intermedia, en la que siempre se pierde energía; pero la solución puede, sin embargo, resultar ventajosa, sobre todo cuando se trata de poner en movimiento un número considerable de mecanismos repartidos sobre una zona extensa, en la que el riego se establece utilizando el agua de una capa subterránea. La economía considerable que en los gastos generales de instalación y explotación permite una central donde toda la energía se produce, y la facilidad del transporte confiado á aéreo hilo de cobre, pueden suplir con ventaja las pérdidas en la transformación, que sólo encarecerían débilmente el precio del caballo. Como modelo de estas instalaciones podría citarse la establecida en los Ángeles, en California, donde no llueve de Mayo á Noviembre, y poco el resto del año, y donde se han establecido riegos sobre una gran extensión por medio de pozos con un campo de influencia de 20 á 30 hectáreas cada uno, y de los que se eleva el agua con motores eléctricos, á los que se envía la corriente desde Sierra Mancha á distancia de 133 kilómetros y bajo una tensión de 30.000 voltios. Están en explotación de 500 á 600 motores, y se ha dado así á terrenos casi impro-



ductivos precios de 3.000 y aun de 5.000 francos la hectárea.

Con la energía y el motor no tenemos todavía resuelto el problema. Necesitamos un mecanismo apropiado que reciba el movimiento del motor y que actúe ya directamente sobre el agua, forzándola á moverse en dirección en que espontáneamente no lo hiciera. Imposible es entrar aquí en la descripción ni aun sumaria de los múltiples mecanismos con este objeto ideados, y apenas si sería posible hacer de ellos una enumeración detallada. Baste citar los cubos que, sostenidos por cuerdas y elevados por hombres con el auxilio de poleas ó cigüeñales, son los más primitivos de todos estos aparatos; los achicadores de todas clases, utilizables para pequeñas elevaciones, aunque más á propósito para desagües; las ruedas, norias, tímpanos y espirales, á los que pueden todavía aplicarse las bestias de tiro por el intermedio de *malacates*, y, por último, las bombas de todos tipos, alternativas, centrífugas y rotatorias, á las que forzosamente habrá que acudir en las grandes explotaciones, y que señalan el punto culminante de las aplicaciones de la Mecánica á la satisfacción de este grupo de necesidades humanas.



CAPÍTULO VI

Conducción del agua.

Conducción libre y conducción forzada.—Canales.—Pendiente, sección y velocidad.—Trazado del canal. – Obras de fábrica. – Acueductos, sifones y túneles.—Canales secundarios y acequias de distribución.

Tenemos ya el agua á nuestro alcance si se ha de utilizar *in situ*, como ocurre de ordinario con la de los pozos; podemos hacerla pasar al cauce por donde, en caso contrario, deba caminar hasta el lugar de empleo. Estudiemos ahora en qué condiciones se verificará esta segunda parte del transporte.

Desde luego será preciso marcar al agua su camino, impidiéndola extenderse en lámina delgada que, presa de la evaporación y de las filtraciones, se perdería rápidamente en el terreno, sin que hubiéramos conseguido el objeto deseado. Este camino ó cauce necesitará forzosamente una superficie inferior ó *solera* que sirva de sostén al agua y paredes laterales ó *taludes* que la impidan derramarse; la superficie superior del líquido podrá quedar libre, y estaremos en el caso de los *canales* y *acueductos* ó quedará también encerrada por superficie impermeable, como en las *tuberías* y *sifones*. En el primer caso, la conducción es *libre;* en el segundo, *forzada;* esta última no se emplea, como en seguida veremos, sino en circunstancias excepcionales.

En un canal ó acueducto pueden considerarse dos



elementos principales, por ser los que más influyen en las condiciones del desagüe. Con una misma *pendiente* la capacidad de desagüe de un canal depende de su *sección*, pero no crece precisamente con ella; hasta podría ocurrir que por una sección mayor pasara menos agua. En efecto, imaginemos un canal de sección rectangular de 0,50 metros de ancho y 0,25 metros de altura; supongamos que sus paredes de cemento ó madera sean perfectamente lisas, y supongamos, por último, que la pendiente del lecho sea de milímetro y medio por cada metro de longitud. Consultadas las fórmulas, se encuentra que este canal, á sección llena, puede conducir 125 litros por cada segundo. Si ahora se multiplica el ancho por 20, mientras la altura se divide tan sólo por 10, la sección se habrá duplicado, pero no conducirá ya sino 81 litros en el mismo intervalo de tiempo. ¿Cómo explicar el hecho? Sencillamente. Por lisa que sea la superficie, cuando un cuerpo sólido es mojado por un líquido, experimenta una atracción especial que será preciso vencer por una fuerza equivalente. Si el agua se mueve sólo á impulsos de la gravedad, es su peso la única fuerza que ha de vencer todas las resistencias; y si hubiera de deslizarse en lámina delgada, tan pequeño podría ser el peso, que en absoluto desapareciera todo movimiento. Tal ocurre en las gotitas que aparecen adheridas á las verticales vidrieras de nuestras ventanas en las frías mañanas de invierno, á pesar de que la superficie no puede ser más lisa ni la pendiente más exagerada. Y que es la deficiencia del peso la causa del fenómeno, lo demuestra bien claro el hecho de que, en cuanto varias gotas se reunen formando ya volumen con peso suficiente, el goterón desliza á lo largo del cristal, dejando señalado su paso por un rastro mojado.

Con el agua que corre sobre un lecho de agua no

ocurre ya lo mismo. El líquido tiene adherencia con el líquido, pero sus partículas poseen una movilidad de que los sólidos carecen, y si los movimientos podían ser entorpecidos por las fuerzas en juego que refrenan á unas moléculas y arrastran á otras, en general los rozamientos son menores, y, sobre todo, dependen tan sólo, á lo que parece, de las velocidades relativas, de suerte que, aun los más débiles esfuerzos, son obedecidos sin que haya límite alguno que asegure el reposo.

Fácil es ahora comprender lo que ocurre en un canal. La lámina de agua inmediata á las paredes ó al fondo camina con una gran lentitud, como á disgusto, sintiendo separarse del lecho que la acaricia, impulsada tan sólo por la avasalladora corriente del resto del flúido, más despierto, más vivo, más diligente, olvidado ya del ocio enervador, dueño de sí mismo y cumplidor fiel de los expresos mandatos de la voluntad soberana.

La velocidad será así creciente del fondo á la superficie, de las orillas al centro de la corriente; y si todavía se habla en las aplicaciones de una velocidad, al parecer única, se trata de un cómodo término medio que, multiplicado por la sección, permite calcular el gasto del canal. Concíbese sin dificultad que esta velocidad media será mayor, á igualdad de las demás circunstancias, cuanto más pequeño sea el perímetro mojado con relación á la sección. La relación entre la sección y el perímetro es lo que se llama *radio medio*, y es precisamente este radio medio el que resume la influencia de la forma de la sección sobre la velocidad.

Á mayor radio medio, mayor velocidad, y como el máximo radio medio correspondería á la forma semicircular de la sección, parece que sería ésta la más recomendable, desde el punto de vista de la economía, en las excavaciones y en las obras. En la práctica, sin em-



bargo, esta solución no deja de presentar inconvenientes. Si se trata de un gran canal, la profundidad de agua tendría que ser muy considerable, y con ella aumentarían las presiones sobre el fondo y las filtraciones consiguientes, si el canal estaba abierto en tierra, ó

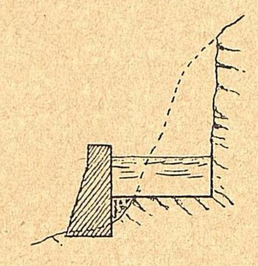


Figura 14.—Sección de canal en roca.

el espesor preciso para las mamposterías, si había de ser formado por muros; en los canales pequeños la forma curva introduce sujeciones mayores en la construcción, que en definitiva cuestan dinero, y si la conservación no era luego muy cuidadosa, las ventajas serían ilusorias.

Por estas razones se prefiere de ordinario la forma trapecial con una solera horizontal y taludes cuya in-

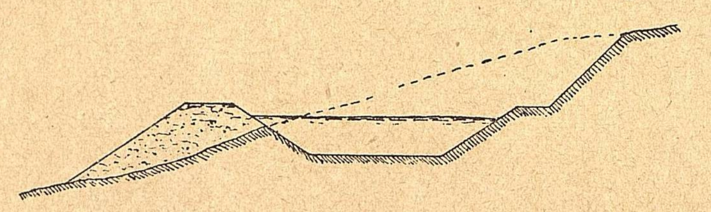


Figura 15.—Sección de canal en tierra.

clinación depende de los materiales de que están construídos, siendo verticales para las secciones en roca ó limitadas por muros y de uno y medio ó dos de base por uno de altura cuando están excavados en tierra.

Además de la sección, influye en la velocidad la pen-



diente, y aun es este elemento todavía más importante. Crece la velocidad con la pendiente, aunque no obedeciendo á una sencilla proporción; para que la velocidad llegue á ser doble, la pendiente deberá cuadruplicarse; la pendiente habría de ser, según esto, proporcional al cuadrado de la velocidad. Esta regla es, sin embargo, sólo una aproximación que, si sensiblemente se verifica en los casos ordinarios, no podría ya extenderse á aquellos cuyas condiciones se alejaran demasiado de las frecuentes en la práctica.

Depende la velocidad también de la naturaleza de las paredes que forman el canal. Es principalmente la mayor ó menor lisura de las superficies la que parece entrar en juego, y desde este punto de vista suelen dividirse los canales en varios grupos: inclúyense en el primero los de superficies extraordinariamente lisas, como las de cemento perfectamente pulimentado ó de madera cuidadosamente acepillada, los canales que podríamos llamar de laboratorio; vienen después los construídos de fábrica, de sillería ó de mampostería concertada con paramentos enlucidos ó los formados por tablones; á éstos siguen los de tierra y piedras que se mantengan en buen estado de conservación, y vienen, por último, los cauces sucios, con grandes asperezas y desigualdades y abundantes vegetaciones acuáticas, que no sólo disminuyen la velocidad por los obstáculos numerosos que oponen á la corriente, sino que además dejan inútil una parte de la sección, hasta el punto de que en los grandes canales de la Lombardía, con anchos de 8 á 10 metros, se calcula, sin embargo, que las vegetaciones espontáneas pueden disminuir el desagüe hasta un 36 ó 40 por 100. En los canales pequeños el mal es mucho más grave y el desagüe puede ser, si no del todo suprimido, reducido por lo menos á límites insignificantes.



Conocidas ya las circunstancias que influyen sobre la velocidad, veamos por qué consideraciones será preciso guiarse para determinarla. Á primera vista puede parecer que, mientras mayor fuera la velocidad, mejor habríamos conseguido el objeto propuesto. ¿Se trata de transportar agua? Pues que venga cuanto antes al sitio en que se la necesita. Además, durante el transporte perderemos algo por evaporación: las filtraciones se llevarán una parte: mientras menos dure el peligro, más se disminuirán los riesgos. Á mayor velocidad, menor sección, y, por consiguiente, menores desmontes; muros más pequeños, si son necesarios; revestimientos más reducidos, si son precisos.

Pero tales ventajas se comprarían principalmente á costa de la pendiente, perdiendo niveles que en ocasiones están reducidos á lo indispensable, que á veces será preciso crear con instalaciones costosas y crecidos gastos de explotación. Por añadidura, las velocidades considerables producirían socavaciones en el lecho y en los taludes del canal, á menos de recurrir á revestimientos, siempre caros, que harían ilusoria la economía perseguida.

Estos inconvenientes podrían hacernos variar de camino y buscar la solución en velocidades muy pequeñas, casi insensibles; pero entonces las ventajas anteriores se convertirían en inconvenientes, que no serían los únicos en este caso. Los arrastres que en proporción muy varia llevan siempre en suspensión las aguas, se depositarían en el canal, obligando á continuas limpias, al mismo tiempo que se privaba á los terrenos regados de esos fecundantes limos, que en parte pueden suplir las continuas pérdidas de elementos que experimentan los suelos sometidos á un cultivo forzado y agotante. Con la lentitud del desagüe las hierbas acuáticas invadirían el canal, favoreciendo aun los depósitos y



prestando al morir abundantes materiales orgánicos que sirvan de pábulo á dañosas fermentaciones, y creen condiciones apropiadas al desarrollo y propagación por la comarca de gérmenes numerosos de infección y de muerte.

Entre tan viciosos extremos, los términos medios son muy variados, sin que sea posible dar reglas precisas respecto á su elección, que deberá estudiarse en cada caso teniendo á la vista los numerosos datos del complejo problema. Ordinariamente varía la velocidad entre 40 y 80 centímetros por segundo, velocidad esta última que es muy poco superior á la mitad de la que lleva un hombre andando á buen paso.

Aceptada la velocidad y fijadas en definitiva la sección y la pendiente, todavía habrá que determinar la línea sobre que se establecerá el canal, es decir, *la traza*. Al elegirla, habrá que procurar reducir á un mínimo los movimientos de tierra y las obras necesarias, lo que podría conseguirse marchando por una línea casi á nivel que se apoyara en la ladera más próxima al punto de arranque y, siguiéndola constantemente, contornease los contrafuertes, remontara los valles y descendiese siempre, aunque lo menos posible, hasta llegar al punto deseado. Pero de esta suerte, la longitud se alargaría en ocasiones extraordinariamente, con lo cual se elevarían los gastos y se perdería nivel; otras sería completamente imposible llegar al lugar requerido, como ocurriría si la ladera de apoyo pertenece á un macizo aislado, independiente del que contuviera el terreno regable. Por estas razones, los barrancos y arroyos se salvan con terraplenes, en los que se dejan claros que sirvan de desagüe, constituyendo una porción de obras pequeñas que reciben los nombres de *caños, tajeas, alcantarillas...* según su forma y dimensiones. Las depresiones mayores determinadas por los va-



lles afluentes al de la corriente que se aprovecha, se atraviesan ya con obras más importantes, que pueden ser grandes acueductos ó sifones por donde el agua pueda pasar en conducción forzada á la ladera opuesta. En ocasiones, el rodeo demasiado grande á que un contrafuerte puede obligar se evitará con ventaja perforándole por medio de un *túnel* de modo que, en definitiva, podrán presentarse en el trazado de los canales los más variados problemas del arte de la construcción.

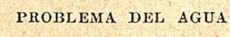
Todas estas obras especiales exigen condiciones apropiadas de emplazamiento que determinarán á su vez puntos obligados de paso. Entre éstos, el canal se desarrolla apoyándose en las laderas, y para fijar su eje de una manera precisa, si sólo á la economía de la construcción se hubiera de atender, se escogería aquella línea á lo largo de la cual los desmontes se compensaran con los terraplenes, pues en este caso el movimiento de tierras sería el menor posible. Pero hay otras exigencias que satisfacer: no son los terraplenes tan aptos como los desmontes para la conducción de las aguas; el terreno virgen á que con la excavación se llega es más fuerte y menos permeable que el suelto y removido de los terraplenes, por mucho que se los consolide. Si por economía multiplicamos los terraplenes, nos exponemos á perder el agua, y si acudimos á revestimientos para atajar el mal, gastaremos con creces lo que habíamos pretendido ahorrar. Además, la aplicación rigurosa del criterio apuntado obligaría á frecuentes é irregulares cambios de dirección, en los que siempre se gasta parte de la velocidad del líquido, perdida en remolinos y choques que no puede ser recuperada sino á expensas del nivel. Habrá, pues, que satisfacer aquellas condiciones lo mejor posible, pero procurando al mismo tiempo la mayor longitud y el menor número de las alineaciones rectas, cuidando de que las curvas sean



poco pronunciadas y de amplio radio, y evitando, en suma, cuantos obstáculos puedan oponerse al libre movimiento de los filetes líquidos.

En cuanto á las obras especiales, siempre costosas, se tratará de que su longitud sea mínima, y esta circunstancia y las exigencias de una cimentación sólida é insocavable determinarán su emplazamiento. Si se trata de un acueducto, su construcción se sujetará á los mismos principios que la de los puentes ordinarios, de los que sólo se diferencian por su objeto y por su magnitud. Hay, en efecto, algo de grandioso en esas atrevidas construcciones de altura, á veces, considerable, constituídas por dos ó tres series de arcadas superpuestas que han desafiado en ocasiones la acción de los siglos, como las que nos legaron los romanos y han llegado hasta nosotros cual testigos mudos de los grandes alientos y de la energía indomable de un gran pueblo. Entre ellos merece citarse en Francia el gran puente del Gard, que servía para la alimentación de Nimes, y en España el célebre acueducto de Segovia, que conducía el agua necesaria para el abastecimiento de esta población. Con el progreso de los sifones los grandes acueductos han perdido gran parte de su importancia, y hoy son pocos los que ya se construyen: puede citarse, sin embargo, entre los modernos el de Roquefavour, en Marsella, construído á mediados del último siglo.

Los sifones se pliegan mejor al terreno, y aunque á medida que aumente la altura de carga la resistencia de las paredes debe ser mayor, mayor, por consiguiente, el volumen del material, y, en definitiva, más costosa la obra, los gastos no crecen, con todo, en la misma proporción que en los acueductos. Los antiguos, que sólo empleaban tuberías de plomo, no podían aplicar esta solución sino para volúmenes de agua muy débiles



y en longitudes muy restringidas. Los progresos en la fundición del hierro, los perfeccionamientos crecientes en los métodos de moldeo, el empleo del palastro de hierro y acero, y, por último, el desarrollo de los modernos sistemas de hormigón armado, han permitido la adopción de diámetros cada vez mayores que lo hacen aplicable ya hasta para caudales de gran importancia. En el Canal de Aragón y Cataluña se ejecutan actualmente las obras del sifón de Monzón, de hormigón armado, que será el mayor del mundo en su género, pues debe alcanzar una longitud de un kilómetro próximamente y constará de dos tubos de 3,80 metros de diámetro cada uno, debiendo gastarse en las obras, según el presupuesto de la contrata, millón y medio de pesetas. En algunos sitios de los Estados Unidos, donde la madera es muy barata, se ha empleado también una ingeniosa manera de construir sifones, aunque no de tan colosales dimensiones como el que acabamos de citar. Se forman con duelas, acopladas en forma de tonel, de modo que sus extremos no queden todos en la misma línea, sino á juntas encontradas, dispuestas como las de las piedras ó ladrillos en las construcciones de fábrica; los tubos así formados se defienden contra la presión del agua por medio de flejes de acero, cuya tensión se puede regular por tornillos especiales.

Al paso de los ríos ó arroyos, los sifones pueden ir enterrados en el fondo de los cauces ó sobre *puentes sifones:* una y otra solución tienen ventajas é inconvenientes, en cuya discusión no permite entrar la índole especial de este trabajo.

Resta hablar de los *túneles*. Será conveniente que se practiquen en terreno firme y sin vías de agua, para evitar agotamientos y obras de fortificación, siempre costosas. Es cierto que la dureza del terreno encarece también la excavación, pero es tan grande la diferencia



de precio entre la excavación y el revestimiento, que el coste de éste no sería compensado. De cualquier modo, y aunque á veces se puede, por medio de sondeos, formar concepto aproximado de las dificultades de la empresa, hay que reconocer que de todos los problemas que, al conducir aguas se pueden presentar, es éste el que reviste carácter más aleatorio.

Con la construcción del canal principal no habrán terminado los trabajos de conduccion. Será preciso, además, el establecimiento de otros secundarios, terciarios, etc., hasta terminar en las acequias de distribución, de donde el agua pasa á las regueras y surcos que la reparten por el terreno. Ya la tenemos al alcance de la necesidad: ¿qué haremos de ella?





CAPÍTULO VII

Empleo del agua.

Usos domésticos y abrevaderos.—Riegos.—Condiciones que debe reunir el agua.—Materias en suspensión y substancias disueltas.—Los abonos.—Cantidades de agua necesarias.—Número de riegos.—Métodos de riego.

No haremos más que citar las aplicaciones del agua á la bebida de hombres y animales y á las necesidades de la casa. Estos usos requieren, con frecuencia, cualidades en el agua, que no siempre reunen las que con mayor utilidad pueden emplearse en los riegos, y son precisamente éstos los que constituyen el principal aprovechamiento agrícola del agua y el único al que, en lo sucesivo, hemos de referirnos en este capítulo.

Para ser útilmente empleada en los riegos debe tener el agua una temperatura próxima á la del ambiente, de la que, si en algo difiere, debe ser en el sentido del óptimo correspondiente á la planta. Las aguas turbias son, en general, preferibles á las claras de igual composición, pues las materias arrastradas pueden servir de útil enmienda y de abono fecundo: prados hay que, sin más que ser regados con determinadas aguas, mantiénense en productividad indefinida por recibir de aquéllas los elementos que devuelven en las cosechas.

Pero estos limos son sólo útiles por las materias orgánicas ú organizables que entran en su composición,

como los residuos vegetales ó animales más ó menos nitrogenados, el ácido fosfórico, la potasa ó la cal, y todo lo que esto no sea es materia inerte, para cuya conducción será, sin embargo, preciso forzar la pendiente del canal, perdiéndose nivel, al mismo tiempo que el campo regado va aumentando constantemente y peraltando su superficie con el producto de las mondas, haciéndose el riego cada vez más difícil.

Mucha mayor importancia que la de los arrastres ó tarquines tienen comunmente las materias en disolución en el agua. Algunas, como la sal común, que en cantidades mínimas pueden ser un estimulante de la vegetación, se hacen inútiles y perjudiciales cuando la proporción aumenta; pero, por lo general, la mayor parte de las aguas que se destinan á riegos contienen, en mayor ó menor abundancia, una gran parte de substancias útiles y casi todas las que las plantas necesitan para su próspero desarrollo. Tan ricas son algunas en estos principios que, después de prestar á la cosecha los materiales que necesita, todavía dejan provisión abundante en el suelo, cuya fertilidad aumenta constantemente.

Pero no es esto lo ordinario: ni la cantidad de sales es la suficiente en el caso general, ni la proporción en que se encuentran la requerida. Sabido es, en efecto, que cada planta necesita, para constituir sus tejidos, alimentar su vida y fabricar el preciado fruto que al agricultor ha de entregar á cambio de los cuidados que la prodiga; necesita, digo, determinados elementos que ha de encontrar al alcance de sus raíces. De cada uno consumirá á su tiempo la cantidad precisa; pero si en algún momento llega á faltarle lo necesario, la vida de la planta se resiente, su salud flaquea, su *apetito* disminuye; y *manjares* que en otras circunstancias serían para ella suculentos, los desprecia ahora, los



prueba apenas, y, perdiendo el apego á una vida raquítica y miserable, muere prematuramente ó languidece con lentitud, dejando, al morir, mezquino fruto incapaz de satisfacer las ilusiones anhelantes del labrador avaro.

Para que el riego sea fecundo será preciso que lo que no traiga el agua en el suelo se encuentre; y si entre uno y otra no alcanzan á reunir los elementos indispensables, caso frecuente en los cultivos intensivos, en que las cantidades de productos son tan considerables, no habrá otro remedio que recurrir á los abonos, coronamiento obligado de toda agricultura racional. Pero estos abonos mismos y los elementos del suelo permanecerían inactivos sin el agua, que es, como decíamos más atrás, el insustituíble vehículo de los alimentos minerales de la planta. Esta indisolubilidad del vínculo que la naturaleza misma de las cosas establece entre estos dos medios de mejora agrícola, ha dado casi valor de axioma al indiscutible principio agronómico «ni abonos sin agua, ni agua sin abonos».

El estudio de los abonos, su elección y empleo, es asunto que no encaja dentro del plan general de esta obra; pero sí convendrá dejar sentado que son estos problemas de tal complicación, que no es posible resolverlos con fórmulas generales aplicables á todos los cultivos, ni á un solo cultivo para todos los climas, ni á un mismo clima para todos los terrenos. Sólo un estudio concienzudo, partiendo de datos generales, á los que nunca prestará confianza ciega, podrá, tras inteligentes experiencias, llegar á fórmulas concretas aplicables en cada caso, pero imposibles de generalizar. Aun todavía será preciso obtener del agricultor algo más que la aplicación rutinaria de una fórmula, pues los cambios de cultivo, el empobrecimiento del suelo, las irregularidades meteorológicas obligarán á cada



momento á modificaciones útiles siempre para obtener el efecto máximo y necesarias á veces para asegurar la eficacia.

No menos importante que las cualidades del agua es la cantidad en que deba ser aplicada á los riegos. Para poder juzgar de ella es preciso darse cuenta exacta del papel que el agua desempeña y de las circunstancias en que se la emplea. Prescindiendo de las pérdidas que por evaporación y filtración tienen lugar en el sitio de toma y durante el transporte, considerando sólo el agua que llega á la finca, observaremos que una primera parte de este agua se empleará en mantener en el suelo la humedad necesaria, que variará con la naturaleza mineralógica del terreno y con las necesidades de la planta que se cultiva. Esta humedad se pierde por evaporación en tiempos secos, y, si no se repone, la tierra se endurece, el aire penetra en ella con dificultad y se paraliza la acción de los útiles fermentos que calladamente trabajan por aumentar en el suelo las reservas alimenticias.

Otra parte se filtra á través del subsuelo permeable, y es ésta tanto más sensible cuanto que puede arrastrar las materias nutritivas del suelo ó las que se depositen en él en forma de abonos. Podría considerarse que este agua no se perdía por completo, pues alguna será recuperada más tarde por capilaridad; pero para que así fuera, sería preciso que la capa impermeable no estuviera muy profunda, lo cual más bien podría ser perjudicial que ventajoso. No es posible, pues, suprimir en absoluto esta causa de pérdida, pero se la puede disminuir mucho prefiriendo los riegos cortos y frecuentes ó, lo que sería aún mejor, recogiendo, por medio de drenes, las filtraciones del subsuelo y vertiéndolas en colectores especiales para aprovecharlas de nuevo en el riego de terrenos inferiores ó en el de los mismos



terrenos de donde proceden, mediante una elevación previa.

Una tercera porción es fijada por los vegetales ó evaporada en las hojas por transpiración y clorovaporización, como ya quedó dicho en la primera parte. Esta porción, que es la verdaderamente aprovechada para la nutrición y demás funciones vitales de la planta, es como se ve tan sólo una fracción, y á veces pequeña, del total del agua gastada.

Una cuarta se pierde por evaporación durante el riego mismo sobre la superficie del terreno ó en los surcos y regueros, y una quinta al fin es entregada á los canales de desagüe. Sobre una y otra pueden tener una gran influencia los métodos de riego y la habilidad del regador.

Al conocer las diferentes causas influyentes y considerar la variedad inmensa con que pueden presentarse, se comprende la imposibilidad de dar números precisos en materia en que el clima, el suelo, la planta, el agua, el abono y el hombre pueden combinarse en formas tan variadas, que exceden á lo que imaginar pudiera la más desenfrenada fantasía. Admítese, sin embargo, que para una zona extensa, donde las circunstancias extremas pueden con más facilidad compensarse y los términos medios acusarse con una claridad mayor, la dotación de un litro continuo por segundo y hectárea regable es muy suficiente, pues la mayoría de los cultivos no llegan á tener tales exigencias; y sólo alguno, de los que puede considerarse como tipo el arroz, entre los cultivos de nuestros climas, puede necesitar una mayor cantidad de agua. En una gran parte de los regadíos existentes apenas si se llega á la mitad de aquella cifra, á pesar de lo cual se pueden obtener abundantes cosechas, mezclando en la zona, y alternando en cada parcela los cultivos más y menos exigentes. Una



dotación intermedia de 75 centilitros por hectárea y segundo puede considerarse, en general, como suficiente si además se aprovecha con cuidado y con esa habilidad exquisita que al fin adquiere el cultivador inteligente en comunicación constante con el terruño.

Si de estos términos generales pasáramos á considerar los distintos cultivos, las cifras se diversificarían ya considerablemente; pero todavía pueden intentarse clasificaciones que no dejan de tener utilidad en la práctica. Agrúpanse de ordinario entre los cultivos menos exigentes los cereales y el arbolado, lo son ya más los prados y los cultivos de huerta, y llegan al máximo los arrozales y las inundaciones de la viña, que, como es sabido, se han empleado con éxito en Francia para combatir la filoxera.

En cuanto á la abundancia de cada riego y al intervalo que deba guardarse entre cada dos sucesivos, tampoco se pueden aventurar cifras absolutas. Con los riegos abundantes, las pérdidas por evaporación disminuyen, pero las filtraciones aumentan, y será preciso, antes de decidir, tener en cuenta la naturaleza del suelo y la del subsuelo; habrá que atender también á las exigencias especiales de la planta, que no son las mismas en todas las fases del período vegetativo, y será preciso no olvidar tampoco la mayor ó menor riqueza de las aguas, el posible arrastre de los abonos, las costumbres locales y una porción de circunstancias difíciles de precisar en términos generales, pero de influencia evidente en el caso concreto.

Para la práctica material del riego, métodos muy diversos son empleados que pueden reducirse á cuatro tipos principales: ó el agua se extiende *á manta* inundando el terreno, ó se la hace caminar por *surcos* más ó menos tortuosos, ó se la derrama en el interior del terreno por medio de los tubos de *drenaje* ó se la distri-



buye por *aspersión* imitando el efecto de la lluvia. Diré sólo algunas palabras acerca de ellos.

Consiste el primero en dejar permanecer el agua sobre el terreno conteniéndola por medio de *caballones* de tierra y dándola salida después que el suelo haya adquirido el grado de humedad suficiente. Este método, el más antiguo de todos y que sólo puede emplearse en los terrenos llanos ó muy ligeramente inclinados, pues de lo contrario los cuencos de sumersión tendrían que ser muy pequeños, se aplica al riego del arroz y de casi todos los cereales, y se ha utilizado en Francia, como ya antes dije, para combatir la filoxera. La inundación debe prolongarse en este caso durante cuarenta ó sesenta días en las tierras impermeables, puede rebajarse hasta treinta en las algo más permeables y no podría ya emplearse en las que lo fueran mucho, porque se empobrecería el suelo y hasta se mataría á la viña: la operación se ejecuta á fines de otoño y principios de invierno, durante el período de vegetación latente de la planta. En todos los casos, los riegos á manta son los que más agua necesitan, y deben sustituirse cuando sea posible por otros sistemas que, con la misma dotación, permitan el riego de una mayor superficie de terreno.

En el segundo sistema, el agua sigue surcos especiales practicados con la azada ó con el arado, y desde ellos el agua se reparte, ya filtrándose á través del terreno, ya vertiéndose sobre su superficie, á medida que la sección decreciente de las *regueras* las va haciendo menos capaces de conducir el agua que reciben. Las regueras terminales pueden ser en este caso horizontales ó seguir las líneas de máxima pendiente, que siempre, por de contado, ha de ser pequeña, y entonces será preciso disponer el terreno formando caballetes para que el agua pueda distribuirse con igualdad sobre la



superficie. Según los casos, un sistema de surcos análogos á los anteriores dará salida á las aguas sobrantes, ó bien una misma reguera sirve para el riego de las tierras inferiores y de desagüe de las superiores. Se gasta con este sistema menos agua, pero exige en el cultivador una mayor habilidad: el agua debe pasar por todas partes. sin permanecer en ninguna; las regueras deben cambiarse de lugar todos los años para evitar la acumulación sobre unos mismos puntos de los abonos y enmiendas suministrados por el agua, y la preparación del terreno requiere también mayores y más inteligentes cuidados.

El riego subterráneo, del que se han hecho con éxito algunas aplicaciones en Alemania, donde se conoce con el nombre de *método de Petersen*, consiste en utilizar los tubos de drenaje que corren en el sentido de la pendiente mayor del terreno, los cuales pueden obturarse por medio de tapones que se maniobran desde pocetas convenientemente colocadas, impidiendo así el desagüe y obligando al agua á filtrarse á través de los tubos y á derramarse por el terreno hasta alcanzar la región de las raíces. Este sistema, que á lo que parece da resultados excelentes, es de más costoso establecimiento que los anteriores, y no sería ya aplicable con aguas demasiado salinas que pudieran producir depósitos en los drenes, disminuyendo su permeabilidad, perdiendo inútilmente grandes cantidades de principios nutritivos y llegándose en ocasiones á la obturación completa y á la total cesación del servicio. Se presta, por el contrario, bastante bien para el aprovechamiento de las pérdidas por filtración; y si es cierto que de este modo los elementos fertilizantes del agua quedarán muy mal repartidos, acumulándose con preferencia en la parte superior de la finca, no hay que olvidar que, siendo preciso de ordinario en los cultivos intensivos comple-



tar con abonos los elementos insuficientes aportados por el agua, se podría siempre, al extender aquéllos, compensar las desigualdades introducidas por el riego.

Finalmente, el riego por *aspersión* consiste en repartir el agua en un estado de división extrema, ya por medio de cubas ó cajas provistas de *regadera* y montadas sobre ruedas, ó por medio de mangas con las que el agua á presión puede ser distribuída sobre una zona más ó menos extensa. Exige poca agua, y se le ha empleado principalmente en Inglaterra para la distribución de abonos líquidos constituídos por agua impregnada de los líquidos procedentes del estiércol, con sales fertilizantes disueltas y en suspensión partículas finamente pulverizadas de guano, de orujos, de huesos ó de residuos análogos. Si la distribución se hace por medio de cubas, bastará tener uno ó varios depósitos donde se reciba el agua y se fabrique el abono líquido que, extraído después por medio de baldes, de una noria ó de una bomba, servirá para llenar las cubas que habrán de distribuirlo. Si se emplearan mangas, será preciso elevar las aguas hasta un depósito desde el cual se distribuya entre varias cañerías con registros provistos de llaves y repartidos de modo que, adaptando á ellos las mangas, sea fácil el riego de toda la finca. Se podría también prescindir del depósito empleando máquinas impelentes que sólo trabajaran en el momento del riego; pero si este sistema es de menos costosa instalación, en cambio estropea mucho más rápidamente el material por la fatiga á que lo someten los repetidos cambios de presión, debidos á las irregularidades del movimiento de la máquina. La gran economía de agua que procura y los varios efectos que realiza, podrían hacer recomendable este sistema, pero su aplicación en los países cálidos deberá ir acompañada de ciertas precauciones, en los veranos, sobre todo, pues se podrían producir



perjuicios análogos á los que ocasionan lluvias poco abundantes ó riegos inoportunos.

Todos estos sistemas tienen, como se ha visto, inconvenientes y ventajas: la elección será distinta en cada caso. El clima de la comarca, la clase de cultivo, la dotación de agua, el capital disponible, la mayor ó menor abundancia de brazos, las aptitudes de la población trabajadora y la instrucción y actividad de los directores de la explotación, son circunstancias que pueden ejercer influencia decisiva. En ocasiones, convendrá combinar varios y siempre estudiar con atención todos los efectos para introducir modificaciones ventajosas, cuya necesidad no dejará de sentirse en asunto tan complejo, que no puede encontrar su solución completa sino después de numerosos tanteos.



CAPÍTULO VIII

Los beneficios del riego.

Aumento de valor de las tierras.—Incremento de la población y de la riqueza.—El trabajo.

Al fin, vencidas todas las dificultades, tenemos ya regada la tierra; ¿qué podemos esperar de ella? Suele apreciarse el beneficio del riego por la relación existente entre el valor de las tierras regadas y el que antes tenían de secano. No es, sin embargo, adecuada la medida: no crece ni puede crecer del mismo modo con el agua el valor de una tierra fértil y el de otra estéril. La primera asegurará sus cosechas y aumentará su importancia poniendo en actividad sus facultades productoras; pero si las aguas no son excesivamente mejorantes ó no se recurre á abonos adecuados, se agotarán rápidamente las reservas que constituían su superioridad; el agua no habría servido más que para consumir el capital á expensas de la renta. La tierra estéril, por el contrario, deberá al agua su valor íntegro, y si los abonos tienen que ser más abundantes, pagará de todas suertes con usura los préstamos que se le hagan.

En este punto, el verdadero valor del agua está en permitir el cultivo intensivo, y con él las condiciones naturales pierden una gran parte de su importancia. Concentradas sobre una limitada superficie todas las



energías del agricultor, el suelo se fabrica con abonos y enmiendas, el subsuelo se modifica por medio del drenaje, el ambiente se crea merced á canalizaciones de agua caliente, de abrigos y vidrieras, y el progreso no se detiene sino ante el abarrotamiento de los mercados ó la distancia á los centros de consumo, circunstancia esta última todavía compensable para los productos más valiosos por un buen sistema de comunicaciones.

La valoración exacta de la transformación, mejor que por un cociente, habrá que hacerla por una diferencia: la que exista entre el valor total de la tierra, según el grado de intensidad de cultivo que sea dable y conveniente obtener, y el de todos los gastos, valor anterior de la tierra inclusive, que sean indispensables para que la transición se opere. Las ventajas, en este supuesto, serán también aquí tanto mayores cuanto más estéril sea el suelo, como lo prueban los clásicos ejemplos de la Campine, en Bélgica; de las Landas francesas; del delta del Ebro, en España.

Pero el aumento de valor del terreno es tan sólo una parte de los beneficios que el riego procura, y si es la más visible, no es, sin duda, la más importante. Esa mayor intensidad de cultivo exigirá nuevos brazos y nuevas inteligencias, que vendrán á aumentar considerablemente la población de la zona, al mismo tiempo que la fecundizan con sus esfuerzos y con sus iniciativas. Y esta gran masa de trabajadores, que encuentra aquí medio seguro de ocupación y de vida, traerá consigo nuevas exigencias, que estimularán el desarrollo de la industria, dotada también por los nuevos cultivos de primeras materias y provocarán el aumento consiguiente de la población urbana, á su vez consumidora de productos agrícolas. Y en este continuo flujo y reflujo de influencias concordantes se en-



sancha más cada vez la esfera de la cooperación social, el bienestar se difunde y se acrece, y en todas partes produce nuevos incrementos de actividad, que, por numerosos y sutiles resquicios, vienen á engrosar los veneros de la riqueza pública.

Es cierto que todo esto exige inversión de capitales, creación de mercados, corrientes colonizadoras, sin las cuales todos esos beneficios, evidentes á largo plazo, podrían verse en la práctica retrasados; pero el capital es ahorro y proviene de un trabajo anterior; para alcanzarlo no es preciso á menudo más que el estímulo, y éste bien lo encuentra el bracero que labra su tierra cuando el agua le presta la seguridad de recibir el premio de sus desvelos, y he ahí un capital que no llegaría á formarse sin el riego, el cual ejerce en tal caso una influencia moralizadora. Los mercados se conquistan con la bondad y la baratura del producto, y la población acudirá siempre y crecerá constantemente allí donde haya una riqueza que explotar.

No esto ciertamente negar la importancia de factores tan indispensables; es solamente reducirla á su justa medida, exagerada á veces por la malicia ó por la indolencia. Pero no hay que desconocer que dentro de las condiciones generales del medio físico y social habrá en cada momento un grado de desarrollo agrícola que, dando la aplicación más fructuosa al máximo de energías disponibles, determine la dirección y la intensidad del esfuerzo oportuno. Para conseguir ese resultado, nunca se recomendará bastante el estudio más minucioso de todas las circunstancias para huir de empresas locas y atrevidas, pero sin que eso sirva de excusa para arrojarse en brazos de un fatalismo musulmán.

Porque si unas empresas pueden ser preferibles á otras, si algunas deben ser relegadas á último término

ó desechadas en absoluto, en general, el riego en los paises áridos ó de lluvias mal repartidas es de una utilidad innegable. Ya decía Hervé Mangon que «poseer agua, aunque mediana, es una gran felicidad para una finca, que no se debe dejar perder bajo ningún pretexto». Y más recientemente el ilustre agrónomo Deherain, en una conferencia dada en el Museo de Historia natural de París, afirmaba que aguas abundantes «son la condición misma de la fertilidad», al mismo tiempo que encarecía el prodigioso desarrollo que podría alcanzar la agricultura francesa por la construcción de una vasta red de canales de riego. Y si esta necesidad es sentida en Francia, ¿qué no será en otras regiones menos favorecidas? Recordando los beneficios obtenidos en la India y en Egipto, dice Willcocks, al terminar su Memoria sobre la presa de Assuan y proyectos posteriores: «Bien estaría para la prosperidad permanente de las áridas y semiáridas regiones de Australia y del Sur de África que sus hombres de Estado hubieran sido educados en Egipto y en la India, y hubieran gastado en obras de riego la mitad de la suma que han invertido en comunicaciones y ferrocarriles. Hubiéramos evitado la contemplación de la prosperidad detenida, como la vemos á cada momento, y como la seguiremos viendo, en tanto que no se haga un prudente abandono de la antigua política y se muestre hacia el desarrollo del riego la misma liberalidad que ha sido demostrada para los ferrocarriles y las comunicaciones.»

No podían pasar inadvertidas estas consideraciones para el práctico y audaz pueblo norteamericano, donde el ilustre senador Newlands ha conseguido ver al fin votada la ley que lleva su nombre tras perseverante y original propaganda, en la que llevó el convencimiento á los legisladores yanquis, presentándoles, á los postres de opíparas comidas, sugestivas proyecciones en



que se sucedían las vistas desoladas de las regiones áridas del Far West, con las en que se veían los mismos terrenos surgir á la vida bajo el influjo del riego. Esa ley, ya antes citada, que hará posible el cultivo sobre una extensión igual próximamente á los dos tercios de la total de España, fué recibida con gran entusiasmo por los Estados Unidos, y hacía decir al secretario Wilson: «Al regar estas tierras áridas, el producto de la región occidental del país vendrá sencillamente á aumentar el conjunto de la riqueza que el labrador americano aporta para la exportación agrícola. El riego crea mercados domésticos y formará uno para nuestros productos en Asia que absorberá todo el exceso de la producción del Oeste, por extensas que sean las tierras que se van á cultivar.»

Una de las medidas que pueden dar mejor idea de la importancia del riego es, como antes decía, la población que pueden soportar las comarcas en que se practica. Pues bien; mientras una población de 100 habitantes por kilómetro cuadrado se considera ya como muy densa en la mayor parte de las regiones de Europa, y se juzga en algunas como un límite casi inalcanzable, en muchos puntos de Bélgica y Holanda, gracias principalmente á riegos, á desecaciones y á un esmerado cultivo agrícola, se ha llegado á exceder el doble de aquella cifra. Lo mismo ocurre en muchas regiones de China, donde se aprovecha hasta la última gota de agua, y el cultivo de los campos parece, como dice Reclus, *trabajo de jardinería;* pero todavía allí mismo hay llanuras fértiles, como las de los alrededores de Shanghai, donde, según afirmación del mismo eminente geógrafo, rinde el terreno lo suficiente para alimentar 20 hombres por hectárea, lo que equivale á una población de 2.000 habitantes por kilómetro cuadrado, población que, extendida tan sólo á la tercera parte de España,



permitiría alimentar sobre ella á todos los habitantes de Europa. Finalmente, en la India, con una densa población media de 180 habitantes por kilómetro cuadrado, se llega en algunos distritos de Bengala, regados por las aguas del Ganges, hasta muy cerca de 500 sólo para la población rural.

Quizá piense alguno que tal densidad, lejos de ser un bien deseable, es, por el contrario, una terrible calamidad, y que, relacionando unas y otras ideas, atribuya á esta causa las aflictivas hambres de aquellas comarcas; pero allí el hambre es más resultado de la indolencia de la población que de su extremo número. La escasez de necesidades lleva éste al exceso, y el mal está en que las fuerzas productoras del individuo, ya inútil dentro de un sistema de cooperación deficiente y agotado, no alcanzan, en ocasiones, ni á la satisfacción del propio consumo. Una imprevisión excesiva, característica de esta vida sobria y salvaje, deja aumentar la población por cima de los recursos naturales del medio, y el conflicto sobreviene cuando se presenta la irregularidad deficiente del régimen. Los riegos, compensando los límites extremos, no pueden sino aliviar ese desastroso orden de cosas que exigiría, para ser por completo evitado, el establecimiento de nuevas relaciones sociales y una mayor elevación de la vida, circunstancias que explican por qué, á pesar de la buena voluntad demostrada, han podido en este punto hacer tan poco los ingleses. ¡Como que si eso fuera posible no serían los ingleses los que poseerían la India!

Pero en una Sociedad en constante progreso, cada nuevo sér debe siempre ser acogido con júbilo y alborozo, porque ensanchando la esfera de la cooperación, lejos de ser un competidor, es un compañero. Fuerte con el auxilio que de los demás recibe, cada individuo es un reflejo de la Sociedad de que forma parte, y su



acción, su influencia, no es una cantidad fija y determinada, sino que es, en cierto modo, proporcional al número de asociados, siempre que entre éstos existan relaciones adecuadas que no frustren el efecto. Su consumo material, el que tanto preocupa á los malthusianos, está lejos de ser insatisfactible dentro de los recursos de la ciencia actual; es, de todos modos, una cantidad limitada, fija; su actividad es, por el contrario, creciente; el saldo es beneficioso para todos. Y en cuanto al consumo, por decirlo así, espiritual, al consumo de afectos, de conocimientos, de entusiasmos..., éste se satisfará siempre infinitamente mejor por muchos que por pocos, y una población numerosa permite siempre, cuando los individuos son aptos para ella, una intensidad de vida desconocida é incognoscible para las sociedades limitadas.

Todas estas ventajas no se consiguen, sin embargo, sino mediante el trabajo.

Ya decía Epicarmo, hace veinticuatro siglos, que «sólo á ese precio nos venden los dioses toda cosa»; á lo que añadía un ilustre pensador español «que siempre nos obligan á pagar por adelantado» (1). Pero no es sólo el rudo trabajo de los brazos, fácilmente sustituíble por el del animal ó el de la máquina; no es el trabajo castigo que arrojaba la antigüedad como nota infamante sobre los hombros del esclavo: es el trabajo inteligente y creador que, libertándonos de la opresión de la fatalidad y de la ignorancia, nos eleva á una vida más grande y más digna de ser vivida; es el trabajo libre producto de la actividad rebosante, placer de las almas nobles, signo de dominación.

Por el trabajo sujeta, en efecto, el hombre á su servicio á la Naturaleza; pero para mantenerla bajo su

(1) Don Melitón Martín. *Le travail humain*, pág. 29.



dominio necesita de una vigilancia constante que, esclava al fin y orgullosa de su fuerza, estará dispuesta siempre á sacudir el yugo que la tiraniza. Y en esta continua lucha, ni los mismos aliados serán dignos de nuestra confianza absoluta, porque esa misma agua con cuyo auxilio se pueden llevar á cabo maravillosas transformaciones, verdaderos milagros dignos de hadas, cuando libre del humano dominio se apodera del terreno haciéndole mansión de vegetaciones malsanas, ó cuando en asolador torrente destruye cuanto á su paso encuentra, hace desaparecer aquellas maravillas, dejando en su lugar solamente la desolación y la ruina. Hay que oponerse entonces contra sus furores é insidias: hay que defenderse. En los capítulos siguientes estudiaremos la defensa contra el agua.



TERCERA PARTE

LA DEFENSA CONTRA EL AGUA

CAPÍTULO I

Infección de las aguas superficiales.

Impurezas del agua.—Residuos orgánicos y parásitos patógenos.—Depuración natural y su insuficiencia.—Destrucción de basuras y residuos.—Depuración de las aguas de alcantarillas.—Sistemas diversos.—Depuración por el suelo.—Depuración biológica.

De tres modos distintos puede el agua entorpecer ó aun impedir la explotación agrícola: ó atacando la salud del agricultor, ó apoderándose permanentemente del terreno, con lo que lo hace impropio para el cultivo de las plantas útiles, ó, finalmente, destruyendo las cosechas y hasta el suelo mismo, al correr sobre él con velocidad excesiva por la abundancia de la lluvia ó por el desbordamiento de las corrientes. Trataremos separadamente de cada uno de ellos.

Numerosas son las enfermedades que las aguas pueden originar, ya directamente como vehículo de determinadas substancias ó gérmenes, ya prestando condiciones favorables de vida á distintas formas animales portadoras de la infección. Las substancias perjudiciales contenidas en el agua pueden ser minerales ú orgánicas: las primeras, cuando por su cantidad pueden producir trastornos en la economía, son de ordinario



denunciadas por el aspecto ó por el gusto del agua, la cual es rechazada para la bebida y usos domésticos. Entre las materias orgánicas, muchas procedentes de la descomposición de animales ó vegetales, comunican también al agua sabor ú olor característico, que bastan para descubrirlas, evitándose de este modo la infección; mas aun el agua más transparente y agradable puede contener microorganismos productores de una porción de enfermedades graves, tales como la fiebre tifoidea, el cólera, la disentería, etc., y pueden asimismo vivir en ella durante algunas de las fases de su existencia, determinados parásitos, como el *botriocephalus latus*, especie de solitaria; el *anchilostoma duodenale,* que produce la anemia de los mineros; el *ascaris lymbricoides,* etc., los cuales pueden pasar al cuerpo del hombre por la bebida ó por simple contacto ó ya por el intermedio de otros animales cuya carne sirva de alimento.

Las impurezas mencionadas son adquiridas casi en su totalidad por el agua á su contacto con el terreno y mientras discurre por el mismo, pues sabido es que el agua de lluvia sólo contiene cantidades insignificantes de materias extrañas. Por otra parte, las aguas de manantiales que salen á la superficie después de un largo curso subterráneo, si muy cargadas á veces de substancias salinas, se encuentran exentas casi en absoluto de materiales orgánicos que son los más temibles para la salud. El peligro reside, pues, principalmente en las aguas superficiales, que pueden estar inficionadas por los residuos de todas clases procedentes de la vegetación de sus orillas, de las deyecciones de los animales que llegan á apagar su sed, de las basuras ó de las alcantarillas de las grandes aglomeraciones urbanas que, con lamentable frecuencia, vierten en ellas sus productos.

Por la acción del oxígeno disuelto, favorecida especialmente por la gran dilución de las substancias vivas, éstas son poco á poco destruídas, y las aguas se depuran naturalmente después de un tiempo más ó menos largo; pero cuando la contaminación es excesiva, el mecanismo natural no basta, y el peligro de infección es permanente. Por otra parte, la eliminación rápida de sus basuras y aguas sucias es una necesidad de primer orden que la higiene imperiosamente reclama en los grandes centros de población; y si se ha de satisfacer á todas las exigencias, será preciso que desaparezcan de esas aguas y productos residuales todas las cualidades que los hacen sospechosos antes de verterlos en sitios donde sus efectos fueran igualmente intolerables.

Al efecto, se someten las basuras á una fermentación previa que las convierta en una masa inofensiva aprovechable como abono; pero este procedimiento no está aún exento de peligros y se prefiere modernamente destruirlas por la cremación, ó mejor extraer de ellas gases combustibles utilizables para el movimiento de motores ó para el alumbrado, recuperando los productos amoniacales de aplicación muy varia, y obteniendo como residuo cenizas que aún podrán servir para la fabricación de abonos y que, en todo caso, carecerán ya de toda cualidad nociva.

En cuanto á las aguas sucias, será preciso privarlas de gérmenes patógenos y de materias putrescibles, para lo cual se han ideado multitud de procedimientos de depuración, mecánicos los unos, como la decantación y la filtración, químicos los otros, electrolíticos, agronómicos ó biológicos.

Por los procedimientos mecánicos no se consigue, á lo sumo, sino desembarazar al agua de las materias en suspensión, pero sin destruir los gérmenes ni ejercer acción alguna sobre las substancias disueltas; la opera-



ción es además ó lenta ó ineficaz, lo que exige grandes depósitos, y produce á menudo emanaciones desagradables. Los procedimientos químicos son numerosísimos, y sólo en Inglaterra se han propuesto ó ensayado más de quinientos: procúrase con ellos producir precipitados que arrastren al depositarse las materias en suspensión y destruir los gérmenes por desinfectantes adecuados, impidiendo al mismo tiempo las fermentaciones; pero los resultados nunca son completos, las manipulaciones son caras y poco higiénicas, y los residuos que se obtienen poseen muy escaso valor comercial. Tampoco es mucho más barata la depuración electrolítica, que se realiza haciendo circular á través de la masa una corriente eléctrica de tensión suficiente.

En cambio, la depuración agrícola ó depuración por el suelo es un procedimiento altamente práctico y beneficioso, que, empleado en mayor ó menor escala desde la antigüedad, ha dado modernamente en muchos casos la solución completa del problema, siendo un ejemplo clásico el de los campos de Gennevilliers, regados con una pequeña parte de las aguas sucias de París. Al filtrarse en el terreno el agua de alcantarilla, deja en la superficie las partículas más groseras que arrastra, y poco á poco van quedando hasta las más tenues entre los poros de las capas inmediatas á la superficie. Con ellas queda la mayor parte de los microorganismos, y los patógenos especialmente, que perecen al desecarse de nuevo el terreno, ó sucumben al fin ante la competencia vital de los *saprófitos* ó fermentos pútridos existentes en el suelo, que les disputan el alimento y que acabarán por vencerlos gracias á su enorme número y perfecta adaptación. Pasto de unos y otros la materia orgánica, será constantemente destruída, reduciéndose á sus principios minerales; y en esta mineralización progresiva, el carbono volverá á la atmósfera en gran



parte bajo forma de ácido carbónico; el hidrógeno y el oxígeno se comprometerán en nuevas combinaciones, y el nitrógeno que no se desprenda en la atmósfera quedará en el suelo bajo forma de amoníaco, y será finalmente transformado en nitratos por los fermentos nitrificadores. Libre ya de toda substancia nociva, el agua se filtra en las profundidades del suelo, alcanzando á los pocos metros, cuando las condiciones del terreno son las apropiadas, una pureza y una limpidez tales como las que puedan presentar la de la fuente más cristalina. Cuando á la acción del suelo se agrega la de la vegetación, los fenómenos se aceleran, y el aprovechamiento de los principios contenidos en el agua permite obtener rendimientos considerables.

En Gennevilliers, cuya situación en las proximidades de París es tan favorable, se destina la mayor parte de las tierras al cultivo hortícola, que encuentra en la capital amplio mercado, y el precio de arrendamiento, que era en un principio de 90 á 150 francos por hectárea, ha llegado á oscilar entre 450 y 500, mientras la población se ha más que triplicado en veintisiete años. Los temores de insalubridad que al principio pudieron abrigarse, han resultado completamente infundados, pues después de tantos años de funcionamiento, y á pesar del aumento de población, la mortalidad de Gennevilliers es inferior á la de París y á la de los pueblos próximos, sin que la proporción de las enfermedades infecciosas difiera tampoco sensiblemente de la que existe en poblaciones análogas.

Á cambio de tantas ventajas, el método que nos ocupa exige condiciones especiales de terreno que no se encuentran en todos los casos. Deberá, en primer término, ser permeable en un espesor suficiente para que dé fácil acceso al agua y al aire, cuya presencia es necesaria para la actividad de los microbios nitrificado-



res. La necesidad de ambos elementos para el buen éxito de la operación exige que el riego se practique con intermitencias, y como habrá también que tener en cuenta el estado de desarrollo de las plantas para no perjudicarlas con riegos inoportunos, será preciso multiplicar las especies cultivadas, cuidando de que siempre haya algunas que puedan recibir el riego, y dejar, en todo caso, alguna parte del campo exclusivamente destinada á la depuración para verter allí las aguas cuando, á pesar de todos los cuidados, no convinieran á ningún cultivo. Esto exige de ordinario una extensión grande que no siempre se encuentra con las condiciones requeridas en las proximidades de la población, circunstancia, sin embargo, muy importante, pues la conducción á distancia resultaría cara, si había de tener lugar en perfectas condiciones higiénicas.

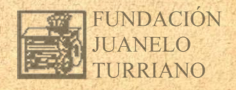
Por otra parte, si la depuración es completa, la utilización agrícola de las aguas es siempre muy imperfecta, hasta el punto que las aguas de drenaje del campo de Gennevilliers arrastran consigo hasta el 90 por 100 de los elementos fertilizantes que originariamente contenían, de modo que conservan un valor extraordinario que podría utilizarse en el riego de nuevos terrenos, en los que no serían tan indispensables las condiciones especiales que la depuración exige.

Estas consideraciones demuestran que no siempre será este procedimiento la solución adecuada del problema, y que nunca bastará por sí sólo para obtener de las aguas la máxima utilidad. Pero si por disposiciones especiales se procura conseguir separadamente los dos objetos propuestos, las dificultades serán ya menores en número y en importancia, y el procedimiento podrá aplicarse en la mayoría de los casos. Es lo que sucede con la *depuración biológica*.

Hemos ya visto cómo por la acción de los microorga-



nismos del suelo las substancias orgánicas son descompuestas y mineralizadas, y cómo su nitrógeno, transformado primero en amoníaco, se convierte al fin en nitratos por la acción de los microbios nitrificadores. Estos microbios exigen, como hemos visto, para vivir la presencia del aire: son *aerobios;* pero la mayor parte de los que realizan las transformaciones anteriores viven perfectamente sin aire: son *anaerobios*. Si en cámaras separadas se reunen las condiciones convenientes de vida para unos y otros organismos, las operaciones tendrán lugar sin que mútuamente se perjudiquen, y el efecto obtenido será máximo. Á esto, en definitiva, se reduce el nuevo procedimiento, que consiste en hacer pasar sucesivamente las aguas por dos clases de depósitos: los unos, sin acceso para el aire, cubiertos ó siempre llenos, destinados á la fermentación anaerobia; los segundos, descubiertos, rellenos de substancias filtrantes y porosas, y, á ser posible, como la *carboferrita*, susceptibles de condensar el oxígeno, funcionan con intermitencias y son el lugar de la acción aerobia. De estos últimos depósitos salen las aguas perfectamente saneadas, pudiendo ser ya empleadas en riegos como convenga mejor.





CAPÍTULO II

Inconvenientes de las aguas estancadas.

Las lagunas y el paludismo.– Los hematozoarios y los mosquitos.—Desecación de lagunas y terrenos pantanosos.—Entarquinamiento y desagües.—Inconvenientes de la excesiva humedad del suelo.—Palería y avenamientos.– Drenaje.—Resultados conseguidos.

Cuando por todos estos procedimientos hayamos conseguido alejar de las aguas superficiales toda causa extraña de infección, las corrientes no presentarán ya, de ordinario, inconvenientes higiénicos de ninguna clase, sobre todo si la velocidad del desagüe es suficiente; pero no siempre ocurrirá lo mismo con las aguas estancadas ó animadas de movimientos muy lentos, cuya proximidad desde antiguo se ha considerado como peligrosa. No basta, sin embargo, que el agua esté en reposo para que la insalubridad sea su consecuencia obligada. En los grandes lagos de aguas profundas y orillas escarpadas, que se encuentran en las regiones montañosas, limitados frecuentemente por macizos calizos, el agua, lejos de producir efectos malsanos, deposita los arrastres más tenues, se depura naturalmente y adquiere una transparencia y limpidez extraordinarias. Cítase el caso del lago Wettersee, en Suecia, en el que puede verse desde la superficie una moneda colocada á 35 metros de profundidad, y es clásico el ejemplo del lago de Ginebra, donde el Ródano vierte sus amarillentas aguas,



cuyo curso puede seguirse en bastante longitud por su contraste con las azules del lago, hasta que, despojadas las primeras de sus limos, se confunden con las segundas, como el conquistador bárbaro y grosero, es al fin absorbido por las poblaciones poco guerreras, pero de superior cultura.

No ocurre ya lo mismo cuando la profundidad es pequeña y las orillas de pendientes débiles, de naturaleza arcillosilícea y dominadas por una vegetación abundante, cuyos residuos putrefactos son la causa de emanaciones desagradables y perjudiciales, y mantienen condiciones apropiadas al desarrollo de enfermedades numerosas, de las cuales son las más importantes en nuestros climas las distintas formas del paludismo.

La relación existente entre las lagunas y el paludismo había sido ya notada desde la antigüedad más remota, y la Historia guarda, entre otros, el recuerdo de los estragos causados por la malaria en la campiña romana, los cuales contribuyeron á la retirada de los galos. Se atribuía la enfermedad á la diseminación por la atmósfera de ciertos vapores, miasmas ó microorganismos que, penetrando en el cuerpo humano por las vías respiratorias ó por los alimentos, eran la causa de los trastornos observados. Los trabajos modernos han comprobado la existencia de esos microorganismos, pero han rectificado completamente, como vamos á ver, las antiguas creencias relativas al mecanismo de la propagación.

En Noviembre de 1880, el médico militar francés Laveran descubrió en Constantina (Argelia), en la sangre de varios individuos fallecidos de accidentes perniciosos, cuerpecillos de formas diferentes, que parecían caracterizar la afección. El descubrimiento de Laveran fué pronto comprobado en casi todos los países castigados por el paludismo, y después de pacientes y pro-



longados estudios, entre los que merecen lugar preferente los del naturalista italiano Grassi, son admitidos hoy por la mayor parte de los especialistas tres especies distintas de *hematozoarios* ó habitantes de la sangre, correspondientes á las formas fundamentales de la infección palúdica. Difieren unos de otros por su tamaño ó por su forma, pero principalmente por la duración de su ciclo evolutivo ó intervalo entre dos generaciones sucesivas, que es precisamente el que transcurre entre dos accesos de fiebre, los cuales son provocados por cada nueva generación; así el *Plasmodium malariæ,* característico de la cuartana, recorre su ciclo en setenta y dos horas, en cuarenta y ocho el *P. vivax* ó hematozoario de la terciana, y emplea de veinticuatro á cuarenta y ocho el *Laverania malariæ,* que caracteriza á la cotidiana maligna. Apenas nacido el hematozoario se apodera de un glóbulo rojo, á expensas del cual vive, destruyéndole completamente al llegar á la edad adulta; deja entonces de crecer, y acaba por segmentarse en un cierto número de *esporos* ó *merozoitos* que, apoderándose de nuevos glóbulos rojos, volverán á reproducir los mismos fenómenos; y como cada glóbulo rojo atacado desaparece al fin del torrente circulatorio, el progreso del mal acarreará, si no se le ataja, la anemia, la caquexia y la muerte. No todas las formas adultas se fraccionan, sin embargo, de la manera indicada para dar origen á nuevos seres: algunas hay que se mantienen sin segmentarse. Son las formas sexuales que no encuentran en la sangre del hombre condiciones apropiadas para su reproducción, y que, como veremos en seguida, necesitan de otro medio para continuar sus evoluciones.

Conocido el hematozoario del paludismo, todavía preocupaba á los médicos é higienistas la cuestión de averiguar cómo la enfermedad se propagaba, pues ni



en el aire, ni en el agua, ni en la tierra, ni en el polvo había sido posible encontrar trazas del microorganismo patógeno, cuando Laveran, guiado por los trabajos de Manson sobre la filaría de la sangre, empezó á sospechar que bien podrían ser los mosquitos los portadores del germen palúdico. El hecho ha sido puesto al fin en plena luz por Grassi, que, auxiliado por Bignami y Bastianelli, ha llegado á demostrar que el paludismo es transmitido exclusivamente por los mosquitos del género *Anopheles,* y que éstos no adquieren los gérmenes de la enfermedad, sino después de picar á individuos enfermos. Todavía entre los anofeles es solamente la hembra la que, por sus picaduras, puede propagar el mal, pues el macho se alimenta exclusivamente de jugos vegetales; y aun la hembra no suele picar sino en las horas de crepúsculo, ó también, aunque con menos frecuencia, durante la noche, pues por el día se refugia de ordinario en los sitios más obscuros, como debajo de las camas, en los huecos de las escaleras, en los sótanos, en los desvanes y en los establos, por lo que es á veces difícil encontrarlas.

Cuando una de estas hembras, todavía sana, pica á un palúdico, le inyecta el líquido que sus glándulas salivares segregan, y que tiene la propiedad de impedir la coagulación de la sangre; absorbe ésta, y con ella un cierto número de hematozoarios en distintas fases de su desarrollo. Las formas jóvenes y las adultas segmentables mueren en el tubo digestivo del insecto y son digeridas, pero las formas sexuales de que antes hablábamos, llamadas también *gametos,* que son de forma esférica en los plasmodios y semilunares en los laveranias, adquieren al fin la forma globular, que las hembras, siempre más abultadas, conservan, mientras que los machos emiten un número variable de apéndices ó flagelas, muy finos y movibles, con aspecto de es-



permatozoos y funciones análogas. Estas flagelas se desprenden al fin del cuerpo del gameto, que muere rápidamente después de haberlas perdido, y, caminando á lo largo de la mucosa estomacal, encuentran á los gametos hembras, con los que van á confundirse, produciéndose la fecundación. El óvulo fecundado penetra entre las células epiteliales de la mucosa estomacal, y, atravesada ésta, se enquista en la capa muscular del estómago. Al cabo de diez ó quince días, el quiste alcanza su completo desarrollo, se rompe y pone en libertad un número considerable de nuevos individuos, que se esparcen por el cuerpo del mosquito, arrastrados por la corriente circulatoria y se reunen preferentemente en las glándulas salivares, de donde pasan á la sangre de los individuos picados por el sanguinario díptero.

Si son los mosquitos la causa de la infección, destruirlos es evitar ésta. Veamos ahora cómo el agua influye en su existencia. Los anofeles, como todos los mosquitos, son insectos con metamorfosis completas, y pueden afectar, por consiguiente, tres formas sucesivas y distintas, llamadas de *larva*, *crisálida* é *insecto perfecto*. Sólo en esta última forma vive el insecto en el aire: la larva y la crisálida son acuáticas. El anofeles hembra pone sus huevos en la superficie de las aguas estancadas: al cabo de dos días nace la larva y crece rápidamente, alimentándose de las partículas en suspensión en el líquido y subiendo de cuando en cuando á la superficie, para respirar el aire atmosférico por los extigmas en que terminan sus dos grandes troncos traqueales. Á los quince días de nacida la larva se transforma en ninfa: no se nutre ya, pero necesita todavía para respirar subir de tiempo en tiempo á la superficie. Finalmente, á los tres ó cuatro días se inmovilizan en la superficie, sus tegumentos se secan y se rompen, y el insecto perfecto sale lentamente de su envolvente, cui-



dando de no mojar sus alas y emprendiendo en seguida el vuelo; pero si el agua no está completamente tranquila y las alas llegan á mojarse, el vuelo se hace ya imposible y el insecto perece.

En el estado adulto, la destrucción de los anofeles es empresa difícil; pero se pueden evitar sus picaduras en el campo por medio de velos, guantes y polainas, de los que no se debe prescindir en las horas de peligro, y en las habitaciones, impidiéndoles la entrada por medio de rejillas especiales en los huecos exteriores, como con éxito completo ha ensayado Grassi en algunas líneas férreas italianas.

Más fácil es la destrucción de huevos, larvas y ninfas, que se puede favorecer por la multiplicación de las libélulas y de ciertos peces, á los que sirven de alimento, y que se puede intentar también directamente, por lo que á las larvas y ninfas se refiere, valiéndose de ciertas substancias como el petróleo, que, extendido en lámina delgada sobre la superficie, impide su respiración, obstruyendo sus estigmas, con lo que mueren por asfixia. Se puede también suprimir ó aminorar sus condiciones de vida, ya privándolas de alimento, á lo que puede contribuir el arbolado impidiendo el desarrollo de otras vegetaciones, ya encalando las orillas de naturaleza excesivamente arcillosa, aumentando su profundidad ó *exagerando su talud*. Podríase asimismo, si conviniera, conservar una laguna de escaso fondo, para utilizarla como pantano, como vivero de peces, para salina ó para otro aprovechamiento, elevar el nivel del embalse, rebajar su fondo ó aun renovar periódicamente el agua, según las distintas aplicaciones y circunstancias.

Pero si ninguna razón económica aconsejara la conservación de la laguna, el mejor medio de librarse de sus perniciosos efectos sería desecarla y sanearla, con



lo que al mismo tiempo se conquistarían para el cultivo nuevos terrenos y se convertiría en fuente de vida y de riqueza la que no lo había sido hasta entonces sino de insalubridad y de miseria. Y entramos así en el estudio de los medios de combatir el segundo grupo de obstáculos que las aguas pueden presentar al desarrollo de la agricultura.

La permanencia del agua sobre un determinado suelo puede proceder ó de la imposibilidad absoluta del desagüe natural, como ocurre en las lagunas, cuyo fondo está más bajo que su vertedero, ó de que aquél es tan excesivamente lento que el terreno no queda en seco sino después de un largo período sin lluvias. En uno y otro caso, pero especialmente en el segundo, el problema podrá resolverse por la elevación del fondo, que coloque al terreno fuera del alcance de la inundación, ó que proporcione, al menos, desniveles suficientes para acelerar el desagüe. Pero á poca extensión que tuviera la superficie desecable, los gastos del terraplenado serían excesivos si la operación hubiera de hacerse por los procedimientos ordinarios; así es que sólo llega á ser práctica la solución en estas condiciones cuando se puede encargar del trabajo al agua misma que, derivada de la corriente próxima durante las grandes avenidas, venga á depositar sobre el terreno los arrastres que conduce. Recibe este método el nombre de *entarquinamiento* y permite recoger considerables cantidades de materias fertilizantes, que de otro modo irían á perderse en el mar.

El entarquinamiento se efectúa dividiendo el terreno por medio de diques, en cuencos especiales, donde el agua permanece algún tiempo ó por donde pasa de un modo continuo, pero con velocidad muy débil. La marcha de la operación depende de la mayor ó menor abundancia de acarreos y de la extensión de la superficie



que se trata de peraltar. La naturaleza de los arrastres será indiferente en los sitios más profundos, pero habrá que procurar que sean los más finos los que vengan á formar la superficie del nuevo suelo, pues ellos son también de ordinario los más fértiles.

En vez de elevar el fondo, se pueden poner en seco los terrenos permanentemente inundados, rebajando el nivel de agua, dando salida á ésta, si de una laguna se trata, por medio de trincheras ó de túneles, á través de los cuales pueda ganar el canal que la conduzca á los cauces naturales, ó por pozos absorbentes que la viertan en alguna de las capas acuíferas subterráneas. Si el desagüe natural existe, y sólo se trata de facilitarle, será preciso abrir cauces, convenientemente distribuídos, para que el agua pueda llegar á ellos con facilidad, adquirir allí volumen suficiente, y alcanzar así la máxima velocidad que permita la pendiente disponible.

Siempre que el desagüe, como hasta ahora se ha supuesto, se opere por la sola acción de la gravedad, será preciso disponer para verter las aguas de un nivel más bajo que el del terreno que se trata de desagüar; pero podría ocurrir que aquel nivel no se mantuviera constantemente el mismo y que en ocasiones se elevara lo suficiente para impedir el desagüe; tal sucede con el del mar en los mares con mareas. En estos casos, el desagüe tendría que ser *intermitente* y habría que evitar, por medio de esclusas ú otras obras especiales, la inversión de la corriente, que traería como consecuencia la inundación del terreno.

Finalmente, si el terreno fuera inferior á todos los desagües naturales y los pozos absorbentes fueran también inaplicables, sería preciso recurrir á la elevación mecánica de las aguas, como se practica actualmente en muchos parajes de la costa holandesa, que han sido robados al mar, y que se conservan gracias á diques



poderosos y al trabajo constante de numerosas máquinas que agotan las aguas de lluvia y filtración, que acabarían por convertirlos rápidamente en marjales y lagunas inhabitables. ¡Hasta tales extremos lleva el hombre sus conquistas sobre la Naturaleza, cuando las exigencias de la vida empujan á la lucha á una raza trabajadora é industriosa!

No son sólo los suelos inundados los que son impropios para el cultivo. Los terrenos poco inclinados, impermeables ó permeables sólo en un espesor muy reducido, mantienen en las proximidades de la superficie una humedad excesiva, que sólo por evaporación puede desaparecer; y cuando esto acontece, agotadas ya todas sus reservas, el terreno se endurece y se agrieta, de suerte que sus desventajas son tan acentuadas en los tiempos lluviosos como en los de sequía, y sólo queda un breve período intermedio de humedad conveniente, no siempre en ocasión de ser utilizado por la cosecha.

Para evitar los daños que de aquí se siguen, habrá que rebajar el nivel permanente del agua por debajo de la zona en que se desarrollan las raíces, lo cual podrá conseguirse, de modo más ó menos perfecto, por medio de trabajos de *palería,* por *avenamiento* ó por *drenaje*. Los trabajos de palería consisten en la apertura de zanjas por donde desagüe el exceso de humedad; pero si estas zanjas recogerán en tiempo relativamente corto el agua de la superficie, no podrán, sino muy lentamente, recibir la que empapa las capas del terreno, la cual se verá dificultada en sus movimientos por la escasa permeabilidad del suelo, y, á menos de ser las zanjas muy profundas, su efecto no se hará sentir sino á distancias muy débiles. Si se las multiplica será en detrimento de la superficie cultivada, y si se trata de disminuir su número, aumentando su profundidad, su estabilidad será muy precaria, á menos de dar amplios



taludes, que robarían igualmente terreno al cultivo, de suerte que las zanjas á cielo abierto no dan en la mayoría de los casos la solución del problema.

Desde muy antiguo se ha tratado de conseguir las ventajas de las zanjas profundas, sin sufrir sus inconvenientes, arrojando en su fondo piedras, faginas ó turba, cubriendo en seguida estos materiales con la tierra producto de la excavación, y estableciendo así una vena de terreno permeable, á la que afluirá el agua, y por la que encontrará salida. Este sistema tiene, sin embargo, el inconveniente de su poca duración, pues al cabo la tierra llega á introducirse entre los huecos de las piedras, obstruyendo el desagüe. Su aplicación sólo estará indicada cuando el material sea abundante

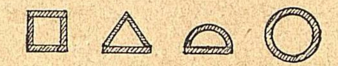


Figura 16.—Secciones de los drenes.

y barato, como ocurre á veces en ciertos terrenos donde la abundancia de piedra suelta es una de las preocupaciones del agricultor, que tropieza constantemente con ella en las labores, y que se ve obligado á recogerla y apilarla en montones ó *majanos*.

Pero si hubiera que traer de lejos el material, será preferible recurrir á verdaderos *drenes* ó caños, cuya obturación es ya más difícil por la mayor velocidad con que el agua discurre por ellos, dificultando los depósitos. Consisten estos drenes en conductos subterráneos, de paredes permeables, ya por la naturaleza de los materiales de que están formados, ó ya por las juntas sin mortero que se dejan entre las piezas que los forman. Pueden estar constituídas (figura 16) por ladrillos ó lajas de piedra, de los cuales uno sirva de solera y dos ó tres acaben de cerrar la sección lateral y superiormente, quedando así un hueco de forma trian-



gular ó cuadrangular. Aún pueden reducirse á dos las piezas que forman la sección, empleando para una de ellas tejas alomadas; y puédese, por último, y será el caso general cuando el material se fabrique exclusivamente para este objeto, formar los drenes con tubos, cuya colocación será mucho más fácil y su estabilidad más completa. Este sistema se ha extendido considerablemente en Inglaterra desde el segundo tercio del pasado siglo, gracias principalmente á los anticipos concedidos á los propietarios por el Parlamento, cuyo importe llegó á elevarse hasta 10 millones de libras esterlinas, que hicieron progresar notablemente la agricultura del país.

En todo proyecto de drenaje habrá que determinar principalmente la situación, separación, profundidad y diámetro de los drenes. La situación depende de la forma del terreno y de la composición de sus distintas capas; el diámetro se fijará en vista del volumen de agua á que se ha de dar salida, y la separación y la profundidad variarán por lo común en sentido inverso, pues mientras más profundo esté el dren, más enérgica será la llamada del agua, y á distancia mayor se hará sentir su eficacia. Es esta cuestión de gran importancia y que dividió mucho á los ingenieros, precisamente en la época en que más impulso recibieron estas obras en Inglaterra, pues mientras unos sostenían las ventajas de los drenes numerosos y someros, otros opinaban por los profundos y distantes. Capitaneaba á los primeros Smith, que fijaba en 0,75 metros su profundidad máxima, y á los segundos Parkes, que consideraba ineficaces los colocados á menos de 1,20 metros. Decidióse al fin la contienda á favor de Parkes; pero aunque ya hoy las ventajas del drenaje profundo no sean puestas por nadie en tela de juicio, no se admiten, sin embargo, números precisos, que



habrá que fijar en cada caso, en vista de las circunstancias locales.

Las ventajas que el drenaje proporciona cuando su aplicación está indicada, son numerosas é importantísimas. Estableciendo una llamada enérgica del agua hacia las capas profundas, la obligará á abrirse paso á través del terreno, arrastrando en pos de sí el aire que deberá sustituirla, y cuya presencia tan útil es para las necesarias fermentaciones de los abonos orgánicos y para la más abundante nitrificación. La mayor división y permeabilidad de la tierra facilita las labores, que podrán efectuarse inmediatamente después de las lluvias, sin que haya que retrasarlas fuera de sazón por el mal estado del terreno. Bajando el nivel del agua subterránea aumenta el espesor de la zona explotable, y es de tal importancia esta ventaja que en algunos casos el aumento de cosecha en los primeros años que han seguido al drenaje ha sido suficiente para pagar los gastos de la operación. En ocasiones ha producido efectos análogos á un cambio de clima, pues aparte de su influencia para la desaparición de las nieblas, se han conseguido á veces adelantos en la madurez de las cosechas de ocho, diez y aun catorce días, lo que se explica porque el calor primaveral, no gastándose ya en pura pérdida en la evaporación de la humedad que impregna el terreno, es utilizado totalmente por las plantas que, gracias á él, pueden acelerar sus fenómenos vitales.



CAPÍTULO III

Inconvenientes del agua en movimiento.

Efectos destructores de las aguas torrenciales.—Acción erosiva y de arrastre.—Los torrentes de la montaña.—Las divagaciones del cauce de los ríos.—Inundaciones.—Los bosques y los torrentes.—Encauzamientos.—Defensa contra las inundaciones.—Diques y derivaciones.—Pantanos.—Repoblación de montes.—Exageraciones forestales.—Necesidad de combinar varios sistemas.

Al discurrir el agua sobre el terreno, hemos visto ya que éste le opone una cierta resistencia, y por reacción natural el agua, en movimiento, tenderá á arrastrar al suelo que la refrena. Mientras más duro y compacto sea éste, mejor resistirá la acción; pero tal podrá ser la velocidad del líquido, que el terreno sea al fin arrastrado. Sin ser muy grande, se alcanzará ya ese efecto sobre la tierra vegetal y las arcillas blandas; mayores serán precisas para arrastrar la arena, la grava ó la piedra, y habrá que llegar á velocidades de dos y más metros por segundo para que las rocas duras empiecen á ser socavadas.

Arrancadas las partículas del terreno, no se limita á esto la acción de la corriente. La diferencia de velocidades entre las caras inferiores y superiores de aquéllas las impulsa á ascender en el líquido buscando la zona de mayor velocidad, por un fenómeno análogo al que presentan los cuerpos flotantes, que muestran siem-



pre marcada tendencia á caminar hacia el hilo de la corriente.

Este movimiento ascensional de la partícula está contrarrestado por su peso, y de la combinación de ambas influencias resultará que camine á mayor ó menor distancia del fondo y de las paredes, según su tamaño y su densidad. Los cambios de sección alterando las velocidades modificarán también la potencia de transporte de la corriente, acentuando los efectos de erosión ó produciendo depósitos.

Fácil es ya darse cuenta de los efectos del agua en los diversos puntos de su curso. En los terrenos pendientes de las regiones montañosas, cuando su permeabilidad no es grande, aun con lluvias poco abundantes puede el agua llegar á adquirir velocidades notables, y suficientes para arrastrar á las tierras flojas. Si el suelo está al descubierto, no tardarán en formarse débiles surcos, que serán ya los caminos preferidos por el agua en lo sucesivo, y que irán progresivamente acentuándose por la creciente socavación de su lecho. Profundizados estos cauces, sus taludes irán perdiendo más cada vez su estabilidad hasta que se produzcan desprendimientos que presten al agua nuevos acarreos. De este modo la obra de erosión irá avanzando en todos sentidos y no se detendrá ni ante la roca firme que servía de sostén al terreno socavado; sólo que entonces se hará más lenta y se complicará con nuevos fenómenos. Expuestas á los cambios bruscos de temperatura, propios de una atmósfera enrarecida, combatidas por los vientos y por las heladas y más ó menos descompuestas por acciones químicas diversas ó por la acción lentísima, pero secular, de vegetaciones criptogámicas, las rocas de las altas cimas se cuartean y desmenuzan, y sus fragmentos, empujados por las aguas, por las nieves y por los vientos, descienden por las laderas hasta encontrar aquellos



cauces donde corrientes más caudalosas los arrastren, con velocidad creciente, hacia los ríos y el mar.

Como consecuencia de todas estas acciones se forman los torrentes en las inclinadas laderas de las regiones montañosas, en los sitios donde el terreno es flojo é impermeable, y ningún obstáculo se opone á la acción de las aguas. Constituye la cabecera del torrente un cuenco receptor, ordinariamente de forma de embudo, hacia el cual se dirigen las aguas con los materiales sólidos que acarrean; del vértice del embudo parte el canal de descarga ó *garganta*, de pendiente bastante acentuada, por donde discurren las aguas con suficiente velocidad para mantener su potencia de arrastre, hasta que desemboca en el arroyo ó en la vega, donde, disminuída la velocidad, la corriente deposita sus materiales y divaga á consecuencia de estos depósitos que, por la forma que ordinariamente afectan, reciben el nombre de *cono de deyección*. Está constituído de ordinario por los materiales más groseros, pues los más tenues pueden mantenerse todavía en suspensión en el agua, y forman, por consiguiente, un suelo muy poco productivo que no puede sustituir, sin perjuicio notorio, al fértil y rico de esas reducidas vegas de los terrenos montañosos, donde se concentra toda la actividad agrícola de la comarca.

Ya en los arroyos y en los ríos, el agua continúa su obra de erosión ó de depósito; pero si en las tierras altas la socavación y el arrastre es lo predominante, en las regiones medias parece establecerse una especie de equilibrio entre las dos acciones opuestas. La velocidad se mantiene, en efecto, entre límites moderados, y si en algún punto se producen depósitos que estrechen la sección, la velocidad aumentará para salvar el obstáculo y se producirán socavaciones equivalentes; éstas, á su vez, y el acarreo mismo no tendrán lugar sino á



expensas de la velocidad, y el agua depositará al cabo los materiales removidos. Si el cauce fuera rectilíneo, estas acciones no tendrán otro efecto que la formación de altos y bajos fondos, ó á lo sumo de estrechamientos y ensanches del cauce; pero cuando por una causa cualquiera una desviación se produzca, la corriente irá á chocar contra la orilla cóncava, que será poco á poco destruída, no sin que al fin disminuya la velocidad del agua y se produzcan depósitos que arrojarán la corriente sobre la orilla opuesta. Análogos fenómenos tendrán lugar aquí, y el río, en consecuencia, se desarrollará en forma sinuosa más ó menos marcada. Estas ondulaciones tenderán á acentuarse durante las crecidas; pero como alargan la longitud del río disminuyendo la pendiente y dificultando el desagüe, producirán, á la larga, el desbordamiento de la corriente, que recuperará entonces su dirección primitiva, abandonando el lecho anterior que recibe entonces el nombre de *brazo muerto* ó de *madre vieja*.

Podría parecer que estas divagaciones de la corriente carecían de importancia; que si unas tierras eran ocupadas, otras quedaban en seco, y que la riqueza general ni ganaba ni perdía en el cambio. Pero bien claro se ve que no es así á poco que se reflexione: la margen que queda en seco se encuentra formada, por lo común, de acarreos relativamente gruesos, poco ó nada fértiles, y aunque, andando el tiempo, pueda recibir más finos sedimentos que aumenten su riqueza, por lo pronto, y en cierto plazo, será de valor menor que la orilla desaparecida. Se encontrará además más baja, y sometida, por consiguiente, á inundaciones intempestivas que podrían perjudicar las cosechas mermando el ya reducido producto. Por la misma razón serán estos terrenos de más difícil saneamiento, y el cauce, producido bajo la acción de las crecidas, resultará excesivo

para el caudal de estiaje que desaguará con velocidad mezquina, dejando abundantes charcas, focos quizá de insalubridad y de paludismo.

Si estas son las consecuencias para la riqueza general, la de los particulares se encuentra más directamente influída. El propietario de la margen atacada pierde su tierra sin compensación alguna: el de la orilla opuesta ve aumentar la suya, y uno y otro tratarán en su provecho de intervenir en la acción del río. Procurará el primero defender su finca, fortaleciendo su margen y oponiendo á la corriente obstáculos que atenúen su velocidad. El segundo tratará de consolidar sus nuevas adquisiciones por medio de plantaciones ó estacadas, con lo que no sólo defenderá lo ya ganado, sino que provocará nuevos depósitos; y uno y otro, so pretesto de defender sus intereses, invadirán el cauce, cuya sección disminuirá, aumentándose la velocidad á expensas del mayor nivel producido aguas arriba, con riesgo de inundar los terrenos superiores, y creciendo á su vez la fuerza erosiva del agua, que dirigirá ahora su furor contra los propietarios de aguas abajo. Los nuevos interesados acudirán á remediar los males que reconocen, y en esta lucha sin orden ni medida el río irá cediendo ante sus invasores, hasta que el día llegue en que haga valer sus derechos, destruyendo la obra impremeditada y abusiva.

Finalmente, en la parte más baja de la cuenca, la pendiente y las velocidades se reducen á un mínimo, los depósitos predominan y el cauce se eleva. El desagüe de las avenidas llega á ser insuficiente, la corriente desborda y la inundación sobreviene, extendiendo sus destructores efectos sobre las extensas llanuras, que han venido aquí á sustituir á las vegas más ó menos pendientes de la región media. Raras veces estas inundaciones pueden ser de resultados provecho-



sos: sería preciso para ello que el manto de agua fuera de débil espesor, sin velocidad apreciable y rico en limos fecundantes, y aun así no podrán ser útiles sino durante el período de vegetación latente ó antes de la siembra, pues después de esta época los cultivos no podrán resistir una inmersión prolongada, y los limos depositados sobre las hojas y el tallo de la planta dificultarán su transpiración, perturbando sus funciones vitales.

La gravedad de los perjuicios podría llegar á extremos desastrosos cuando el agua invadiera violentamente la llanura, socavando el suelo laborable, destruyendo los cultivos, arrollando á su paso á hombres y ganados, arruinando viviendas y dejando convertido el llano en arsenal pedregoso impropio para el cultivo. Y la catástrofe será tanto más sensible cuanto que alcanza á una zona rica y habitada, como suelen ser estas tierras bajas próximas al mar é inmediatas á las líneas principales de comercio, con una agricultura próspera que alimenta á la exportación ó encuentra amplio mercado en una numerosa población urbana: corriente de vida y fuente de provechos cuyo valor es tan grande que resiste á los mayores desastres, reconstituyéndose siempre, cuanto que un período de calma permite reorganizar las fuerzas dispersas.

Visto lo que se puede temer del agua en movimiento, veamos ya cómo se pueden evitar ó prevenir sus estragos. La acción devastadora de los torrentes puede ser suprimida consolidando el terreno por medio de plantaciones de césped y de arbolado, cuyas raíces forman tupida malla que detendría las socavaciones apenas iniciadas, al mismo tiempo que el manto vegetal impide que se produzcan, oponiendo numerosos obstáculos á la corriente y alejando de la superficie del suelo las velocidades peligrosas. Los bosques constituyen además

en estas regiones una riqueza importante y la única explotable de un modo permanente en esas empinadas laderas, donde parece mentira sin milagro que pueda dibujarse el surco del arado. Y estas ventajas, que nadie disputa á los montes, son ya suficientes para que su repoblación sea recomendable dentro de los límites de su reconocida utilidad, sin necesidad de exagerar ventajas problemáticas que sólo contribuyen á extraviar el juicio.

En los ríos pueden disminuirse las divagaciones del cauce, manteniendo éste en perfecto estado de limpieza y con una sección de desagüe suficiente, consolidando las orillas más expuestas á la socavación y rectificando en su caso ciertas sinuosidades demasiado pronunciadas, difíciles de conservar ó de inconvenientes notorios. Pero en todas estas obras será preciso proceder con arreglo á un plan fijo y meditado, sin lo cual, ya lo hemos visto, la intervención puede ser, más que útil, perjudicial.

Y llegamos ya á tratar de la defensa contra las inundaciones. No son aquí las opiniones tan unánimes, pues mientras unos proponen como más eficaces determinados expedientes, otros los rechazan por inútiles y aun perjudiciales, encomiando otros en cambio que tampoco escapan á la censura de sus adversarios, y es que se trata ya de fenómenos no tan fáciles de dominar y contra los cuales flaquean á veces las todavía débiles fuerzas humanas. Es también que hay marcada tendencia á referir estos fenómenos grandiosos é impresionantes á causas únicas y concretas, como ellos poderosas, no pudiendo quizá comprender que causas, á veces encontradas, pueden conservar después de la colisión fuerza bastante para producir efectos considerables. Es, por último, que no siempre es fácil reducir á su justa medida modificaciones de las que sólo se ve el

lado favorable, y que se pierde de vista, obsesionado por los ejemplos próximos ó mejor conocidos, la variedad enorme de circunstancias en que la Naturaleza renueva fenómenos al parecer idénticos. Vamos á verlo.

Lo primero que se ha ocurrido para evitar la inundación ha sido cortar el paso al agua. Marchaba por el río, y ha desbordado, pues elevemos las orillas, y que permanezca en el cauce. No puede darse nada más natural, y de aquí nace el sistema de los *diques longitudinales insumergibles*. Pero cuando éstos han de ser de gran longitud y, sobre todo, de mucha altura, la solución resulta cara, especialmente por la escasez de materiales apropiados, que no suelen ser abundantes en las grandes llanuras, formadas, por lo general, por acarreos antiguos. Con la longitud crece también el peligro de rotura, cuyos efectos serían más desastrosos que los de la inundación que se trataba de prevenir. Cierto que con una vigilancia extremada, durante los momentos de peligro, se pueden reducir mucho estos riesgos, impidiendo que la rotura se inicie, ú obturando á tiempo las vías de agua producidas; pero esto será cada vez más difícil sobre una larga línea, sobre todo de noche, si la lluvia continúa y el cielo encapotado se niega á prestar luz á la escena, iluminada tan sólo en raros trechos por el lúgubre resplandor de siniestras teas, que en aquellas horas de suprema angustia parecen alumbrar el anticipado funeral de los atrevidos agricultores, que allí defienden del río amenazador su hogar y su tierra, el bienestar de hoy y el pan de mañana.

Se ha reprochado también á los diques insumergibles que no es fácil calcular la altura que deba dárseles, y que, cualquiera que sea, al cabo resultará insuficiente, porque los arrastres que no salen del cauce elevarán á cada nueva avenida el fondo del lecho, reduciendo el



desagüe. La observación parece exacta y la objeción es, en efecto, la más poderosa que se puede hacer contra esta clase de diques, que están condenados á ser constantemente recrecidos, pugnando por mantener un estado de cosas cada vez más insostenible y agravando á cada nuevo recrecimiento las consecuencias posibles de un accidente desgraciado. Para evitar los recrecimientos se podría recurrir al dragado, pero la operación sería costosa y quizá poco práctica; de modo que, en definitiva, si estos diques pueden ser una solución, deberán en la mayoría de los casos combinarse con otras medidas que aseguren su permanente eficacia.

No haremos más que citar los *diques transversales* y los *longitudinales sumergibles*. No se defiende propiamente con ellos el terreno de la inundación, que no se evita, y sólo se conseguirá atenuar sus efectos y mejorar las condiciones topográficas del cauce y de la vega por una distribución conveniente de los acarreos del río. Podrán estar indicados cuando los intereses que se trata de poner á salvo no son muy importantes, pero no podrán ser sino muy rara vez una solución definitiva.

En vez de aceptar la batalla donde el río la presenta ó de resignarse á pagarle tributo en espera de mejores días, se ha pensado también en llevar la lucha al país enemigo ó dejarla reducida á las fronteras. Así se procura, por ejemplo, en el sistema de *derivaciones,* arrojar una parte de la avenida á otra cuenca donde no ocasione perjuicios y sea fácilmente desaguada. Estos canales, que no podrán aplicarse sino en determinadas circunstancias en que la topografía local se preste á ello, deberán conducir volúmenes considerables, y no deberá extrañar ver producirse corrosiones profundas ó depósitos notables, que obligarán á una vigilancia continua y á trabajos de reparación después de cada crecida.

Se ha propuesto también, para disminuir el caudal de



la avenida, la construcción de *pantanos* que embalsaran una parte de las aguas; pero la aplicación de este método ha dado origen á grandes discusiones. Se objeta, en primer término, á los pantanos el enorme volumen de agua que habrían de retener para ser eficaces. Su objeto sería, en efecto, sustituir á la avenida natural otra artificial más duradera, y cuyo máximo quedara reducido dentro de los límites que la potencia de conducción del cauce permitiera. Para ello parece, á primera vista, que bastaría con embalsar el exceso del caudal de la avenida que produce el desbordamiento; pero esto sólo sería cierto si el pantano se encontrara en la misma vega. Una avenida no es, en definitiva, otra cosa que una ola enorme que camina con cierta velocidad; como la forma de esta ola no es una forma de equilibrio, se deprimirá constantemente, tendiendo á borrarse á medida que avanza; y por consiguiente, mientras más lejos se situara el pantano, menor sería la importancia sobre el nivel del río de avenidas tan arriba formadas, y mayor sería, por consiguiente, la cantidad de agua que á la corriente será preciso sustraer si ha de ser notado el efecto en la zona inundable. La capacidad necesaria dependerá, pues, de los emplazamientos disponibles, y las circunstancias de éstos fijarán á su vez el máximo de la capacidad prácticamente alcanzable: de la comparación de ambas cifras resultará, en definitiva, la medida en que la construcción de pantanos puede contribuir á la solución del problema propuesto.

Para sustituir el efecto de los pantanos se ha propuesto recurrir al *arbolado*, que es para sus fervorosos defensores verdadera panacea universal, que así cura la sequía como el exceso de humedad. Cítase en su apoyo el hecho, por todos observado, de cómo los árboles, al principio de una lluvia, impiden la llegada de ésta al suelo, conservando una parte retenida en su copa por



las hojas que la ceden al suelo más tarde en lento gotear ó la devuelven por evaporación á la atmósfera; pero á poco abundante y duradera que en estos casos sea la lluvia, la acción defensora del árbol desaparece, como ya dejó consignado la experiencia popular en el conocido proverbio de que «el que se pone debajo de hoja, dos veces se moja». Ni podía ser de otra manera: por frondoso que sea un árbol, la cantidad de agua que pueden contener las películas de débil espesor con que se envuelven sus hojas, será siempre muy reducida, y cuanto que la saturación se haya alcanzado, el follaje devolverá tanta agua como reciba, con lo que el efecto del árbol será ya completamente nulo. Y es precisamente ese agua no detenida la que produce la inundación, que las lluvias escasas, que apenas mojan el suelo, no harán sentir sus efectos ni aun en la región de los torrentes. La acción del arbolado se reducirá por ese concepto á la de un embalse de capacidad igual á la de las hojas y situado en la cabecera de la cuenca. Cuando acabamos de ver cómo se atenúa con la distancia el efecto de los pantanos, podemos juzgar de lo que podría esperarse de aquel embalse, aunque se le añadiera el volumen del agua que pueda empapar de más el terreno, y que es muy dudoso que el arbolado aumente en proporción notable.

Se habla también de los obstáculos que presentan al libre movimiento del agua los troncos de los árboles; pero en las escarpadas laderas de los montes, el agua camina de ordinario en lámina delgada, y el roce con el terreno mismo es el mayor obstáculo que se le pueda oponer; si tratando de dificultar el desagüe se contribuyera á elevar el nivel del agua sobre el suelo, la velocidad, lejos de disminuir, aumentaría rápidamente.

Si se prescinde, pues, de la defensa del terreno para la que hemos visto que es el arbolado casi insustitui-



ble, su papel en las inundaciones será muy secundario. Las razones de índole teórica que se presentan en su abono son de un valor muy escaso, y las puramente empíricas no están tampoco al abrigo de toda objeción. Atribuir las inundaciones actuales á la tala de los bosques, es olvidar que las ha habido en todas las épocas, antes y después de las talas, lo mismo que las sequías; y si se recuerdan más éstas, dependen de que su acción es más extensa, pues influyen sobre las cosechas de grandes comarcas, á las que llevan el hambre y la desolación, mientras que las riadas sólo siembran la muerte y la ruina en lugares más reducidos y que quizá no estuvieron tan poblados en tiempos antiguos, cuando los azares de la guerra no permitían la seguridad que hoy se disfruta.

Citar, como hace el Sr. Armenteras (1), en prueba de la mayor regularidad de las corrientes en las cuencas arboladas, los raros intentos de navegación sobre el Tajo en el siglo XVI con barcos de escaso calado y de dimensiones reducidas, tampoco es de gran peso, pues habría que demostrar que tales viajes eran hoy absolutamente imposibles en las mismas épocas, y aun en este caso, que no habían concurrido otras causas en el cambio de régimen que la destrucción de los bosques. Con ellos, y sin ellos, la navegación de los ríos exige cuidados constantes, sin los cuales el regimen se deteriora y la circulación se dificulta.

Otro género de argumentos se hace á veces poniendo de relieve cómo crece el nivel de las avenidas y cómo disminuyen los estiajes; pero para que estas observaciones tengan valor, es preciso que se refieran á resultados medios de número suficiente de años, pues dada la complejidad de estos fenómenos nunca se puede es-

(1) Obra citada, pág. 92.



tar seguro de haber alcanzado los límites definitivos, y siempre podrá llegar, y quizá llegará al fin, sin que deba extrañarnos, un estiaje más bajo ó una avenida más elevada.

En resumen, la zona de los bosques deberá quedar circunscrita donde las condiciones topográficas y geológicas del terreno así lo reclamen. Deben allí defenderse contra la impremeditación y la codicia; deben repararse en la medida de lo posible los daños causados por una conducta imprudente; pero exceder estos límites razonables y llevar la producción forestal á terrenos capaces de más ricos cultivos, so pretexto de aumentar las lluvias ó de mejorar el régimen de los ríos, es hacerse ilusiones que la experiencia se encargaría de desvanecer, pero después que se hubieran gastado en el empeño el capital y las energías que debieran dedicarse á más útiles empresas.

Porque si la destrucción de los bosques ha podido obedecer en ocasiones á móviles poco justificados, que esta labor tiene en general raíces más hondas y motivos más poderosos, lo demuestra el hecho de que en todas partes se observa con mayor ó menor intensidad, á pesar de las repetidas y á veces exageradas voces de alarma. Cuando así ocurre, no es tan fácil oponerse á estas avalanchas económicas, más avasalladoras que las avenidas de nuestros ríos, y aunque por poco tiempo la corriente fuera contrariada, sería muy dudoso que los efectos fueran permanentes, si las causas se mantenían las mismas.

Fuera, pues, de la región en que el arbolado es indispensable y la única riqueza posible, los bosques no deben extenderse con perjuicio de los terrenos cultivados, que de una manera mucho más perfecta pueden llenar esas funciones que á los bosques se atribuyen, y que serán siempre aplicables, con beneficio evidente de la



riqueza pública, á extensiones mucho más considerables.

Como se ve, el problema de las inundaciones rara vez podrá ser resuelto completamente por un sistema único, y convendrá en cada caso combinarlos todos, cada cual en la medida de su eficacia. Por la rapidez de sus resultados son, desde luego, recomendables los diques y los pantanos; los primeros para la región baja, los segundos para la región media de los ríos. Pero conseguido este primer efecto, no habrá que confiar á estos únicos medios la desaparición del mal: de hacerlo así, los diques probablemente tendrían que ser constantemente recrecidos, y los pantanos, tarde ó temprano, se cegarían ó exigirían una conservación costosa, arrojando á losarroyos y á los ríos grandes cantidades de materiales que deteriorarían su régimen. Conseguida la defensa inmediata, habrá que consolidar la conquista atacando el mal en su origen, defendiendo las vertientes por medio del arbolado, desarrollando los riegos y favoreciendo la filtración en las zonas medias y elevando los terrenos demasiado bajos por medio de entarquinamientos que definitivamente los conquisten para el cultivo. Querer invertir el orden so pretexto de obtener resultados permanentes, equivaldría á dejarse morir de hambre, mientras se allegaban recursos para un opíparo festín.



CAPÍTULO IV

Pérdidas imputables al régimen irregular de las aguas.

La mortalidad.—Valor de los légamos.—Las deyecciones orgánicas y las profecías de Crookes.

Después de llevadas á cabo las obras y trabajos de todas clases que hemos enumerado, se habría conseguido devolver al campo las condiciones de salubridad que la impurificación de las aguas le roba; se habrían aumentado los productos del suelo colocándolo en condiciones de máximo rendimiento; se evitaría la pérdida constante del terreno, arrastrado hasta el mar, donde van á perderse multitud de elementos orgánicos ú organizables que se sustraen á las combinaciones de la vida continental; se suprimirían los desastres que en más de una ocasión ha producido el desbordamiento de los ríos y que, con ser tan aterradores, son solamente una parte, y quizá la menos importante, del total de los daños causados por el régimen caótico y salvaje de las aguas superficiales.

Si algunas consideraciones fueran precisas para apreciar estas pérdidas, pueden servir las siguientes: La mortalidad media de España pasa del 30 por 1.000, mientras que no debía exceder de 20. Suponiendo que la población rural sea sólo la mitad de la total de España, todavía se podia conseguir en ella, por la mejora de la vida y el saneamiento de los campos, un ahorro



de existencias de cerca de 100.000 por año, que, aunque sólo se apreciaran á 1.000 pesetas cada una, supondrían una renta perdida de 100 millones de pesetas, representativa de un capital de 2.000 millones, seguramente muy superior al necesario para llevar á cabo todas las obras de saneamiento, la mayor parte de las cuales podrían además dar rendimiento suficiente para remunerar al capital empleado.

Quizá parezca poco respetuoso para la dignidad humana eso de evaluarla en dinero; pero si se reflexiona un poco se comprenderá que el dinero no es aquí sino un término de comparación, que desaparece cuando nos colocamos en un punto de vista más elevado. Hay la preocupación, que tiene raíces profundas en nuestros más nobles sentimientos, de que la vida humana no tiene precio ó que su precio es superior á todos los bienes, aunque esta creencia, que decimos profesar, no impida á veces comprometer miles de vidas en la defensa de ideales descabellados ó para sacar á flote el amor propio nacional. Disfrázanse entonces estos objetivos con el traje y bajo el nombre de *intereses morales,* cuando no suelen ser á veces otra cosa que *cuestiones de estómago,* y nos hacemos la ilusión de haber ensalzado el valor de la vida por un simple cambio de palabras.

Cierto es que todos los bienes nada son ni nada valen sino por la vida y para la vida; pero por eso mismo lo que en un determinado objeto se emplee, á otras vidas se les quita. Cuando apreciamos sobre todas las cosas nuestra propia existencia y la de las personas que nos son queridas, no echamos de ver que, aun con ser para nosotros tan sumo bien, no podríamos conservarlas sino en proporción de nuestros medios, á menos de recurrir á los medios de los demás, que son también su misma vida.



De aquí se sigue que, aun cambiando la vida por dinero, no se hace otra cosa que cambiar vida por vida, ya que nadie comprometería la suya por obtener dinero en una isla desierta ó por alcanzar allí una cantidad de alimentos superior á las necesidades de su consumo; es decir, que jamás se cambiará vida por esas riquezas muertas.

Si se tuvieran siempre en cuenta esos axiomas, quizá se diera menos valor á ciertos suntuosos hospitales, que no pueden tener otro objeto que iniciar en las comodidades de la existencia á los que, por no haberlas tenido jamás, se encuentran ya irremisiblemente condenados á muerte, ó á los que, si sanan de la enfermedad que los postra, han de ser arrojados de nuevo entre las garras de la adversidad y de la miseria, más cruel en ocasiones que la muerte misma. Y quizá entonces se creyera que sería mil veces más caritativo y humano invertir aquellas sumas, ó por lo menos una buena parte de ellas, en suprimir las causas de las enfermedades, con lo que, en definitiva, se salvarían más vidas, sacrificadas hoy, si no á la intención dañada, á la inercia y á la falta de iniciativa de los modernos Robres.

El aumento de población que resultara, ya encontraría ocupación y alimento; que esos aportes de materiales orgánicos que van á perderse en los ríos, con grave daño de la pureza de sus aguas, y esos finísimos légamos arrancados al suelo de nuestras laderas para ser arrojados en el mar ó en el fondo de los lagos, materia es que se sustrae á la vida, y que, recogida y aprovechada, subvendría ampliamente á sostener las existencias libradas de la muerte.

No hace muchos años el célebre físico inglés Crookes, en el discurso inaugural de la Real Sociedad de Londres, llamaba la atención sobre el creciente incremento del consumo del trigo, y examinando los medios



disponibles para aumentar su producción, impresionado, sobre todo por el agotamiento de las reservas de nitratos, preveía, para un plazo relativamente corto, la aparición de un déficit imposible de enjugar, originario de la escasez y precursor del hambre. Pero tales pronósticos, más que la declaración de un hecho fatal y necesario, deben considerarse más bien como un aviso contra nuestras imprevisiones. Una población rural, poco numerosa, recibe su sustento del suelo, y al suelo devuelve sus deyecciones; si consume carbón, que va á la atmósfera, las plantas verdes se encargan de regenerarlo, fijándolo en sus tejidos: la materia organizable queda así comprometida en un ciclo cerrado, donde eternamente da vuelta en torno al sol de la vida. Pero en las complicadas condiciones de la producción moderna, el consumo tiene á veces lugar muy lejos del origen de los productos, y las condiciones artificiales de las grandes aglomeraciones humanas obligan á eliminar, con la prontitud posible, todos los residuos del vivir. Lejos de seguir un circuito, cerrado la materia organizable parece seguir una corriente abierta, que, nutriéndose de las reservas de todas clases, mantillo, abonos, etc., que condiciones anteriores acumularon sobre la tierra, abandona los despojos á la acción mineralizadora, que los mantiene con más ó menos fuerza bajo el dominio de la muerte, semejante ahora, en vez de á planeta, á cometa errante, que, atraído hacia el sol con velocidad inaudita, se abrasa entre sus rayos, para escapar en seguida con rapidez no menos prodigiosa y abismarse en las obscuridades del espacio, sin otra esperanza que la de acercarse de nuevo en época remotísima á algún otro sol lejano, del que no llega á percibir todavía sino débil y pálido reflejo.

Hay que evitar que esa corriente de materia escape de nuestro sistema de vida para que, cerrado el cir-



cuito, venga á mantenerse y á ensancharse la circulación. No de otro modo han conseguido los chinos, como hace observar Deherain, crecer y prosperar constantemente sobre el mismo suelo, mientras que otros grandes imperios asiáticos, poblados de cultivadores imprevisores, han desaparecido.

Si así lo hacemos, esa voz de alarma, lanzada por Crookes ante la escasez creciente de nitratos, no llegará á inquietarnos más que aquella otra voz de alarma dada por Elie de Beaumont en 1856 por la disipación del fósforo, que se produce hoy en cantidades superiores al consumo. Cierto que el nitrógeno, bajo la forma de nitratos, parece ser el abono preferido por los cereales que forman hoy la base de la alimentación de la mayoría de las poblaciones civilizadas; pero los estudios modernos han hecho ver que el nitrógeno se encuentra en todos los suelos en cantidades notables, y que sólo hay que movilizarlo, prestando condiciones favorables de desarrollo á los fermentos nítricos, esos obscuros obreros de la vida que lentamente trabajan por retener en la circulación la materia organizable. Démosles aire y humedad, entreguémosles los ya inútiles y perjudiciales despojos y conseguiremos dar valor vital á lo que lo había perdido.

Al mismo tiempo aquellos elementos inorgánicos, aptos para vivir, irán penetrando cada vez más en los caminos de la vida. Dentro de ellos, la concurrencia vital irá conquistando esa materia para los organismos más perfectos y fuertes, desarrollará allí los tejidos más nobles y la hará pasar al cabo por esa admirable célula nerviosa, donde por misterioso mecanismo la Naturaleza parece despertar de su letargo, haciéndose consciente de sí misma y dueña de sus destinos.

Finalmente, el agua misma que á las avenidas se robe, en vez de preocuparse por desaguarla, puede ser,



como ya sabemos, fuente abundante de vida y de riqueza si debidamente se la emplea. Calculaba Hervé Mangon que cada 20.000 metros cúbicos de agua completamente empleada en riegos, produciría en substancias alimenticias el equivalente de una vaca. Pues bien, sin contar para nada el valor de los arrastres, en las grandes avenidas de nuestros ríos, pueden arrojar al mar: una el Guadalquivir cada trece segundos, una el Segura cada nueve, una el Ebro cada dos y tres el Júcar cada cinco segundos. Comparados con estas pérdidas, resultan pequeños á veces esos otros destrozos que tan hondo hieren nuestra imaginación y nuestros sentimientos.

Pero todavía ese agua se lleva consigo energías considerables, susceptibles de ser utilizadas por la industria y aun por la misma agricultura, donde la introducción creciente de maquinaria podrá hacer más urgente cada vez la utilización de fuentes de energía cómodas y abundantes. El quebrado suelo de nuestra Península se prestaría admirablemente á la explotación de tan importante riqueza, si el irregular caudal de nuestras corrientes superficiales no hiciera estas empresas de una inseguridad á menudo ruinosa.

Recogidas las aguas, regularizadas las corrientes, el aprovechamiento de muchos cientos de miles de caballos de vapor sería ya cosa hacedera; y si se piensa que cada caballo de vapor continuo puede desarrollar el trabajo de veinticinco hombres, se comprende sin dificultad que el aprisionar tan enorme energía equivaldría á algo más que á duplicar la población trabajadora, sin que aumentara al mismo tiempo el correspondiente consumo.

En resumen, los beneficios que pueden tocarse como premio á una labor perseverante y fecunda, son numerosos y preciados: la riqueza y el bienestar, la salud y



la regeneración de la raza empobrecida por sus errores, por sus miserias y por sus desgracias. *Mens sana in corpore sano* era el ideal de la antigüedad, y es también el nuestro, que las grandes verdades se mantienen incólumes á través de los siglos; pero si la salud de la inteligencia y de la voluntad han de marchar, en primer término, en orden de preferencia, la robustez del cuerpo es el sostén obligado y el precedente cronológico.

Hay, pues, que fomentar la población; pero la población por sí sola no es un bien. Si sus intereses no están armonizados, sólo perpetuarán la guerra y los odios sobre la tierra. Si sus iniciativas no están despiertas y orientadas hacia el ideal, se estancarán como China, ó serán sustituídas por colectividades más activas, ó cerrarán el ciclo de evolución de la humanidad. Es preciso que el sistema legislativo sea el conveniente, que los esfuerzos se dirijan al fin con la posible unidad de miras. De legislación y de política pasaremos á ocuparnos.




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

CUARTA PARTE

POLÍTICA HIDRÁULICA

CAPÍTULO I

Condiciones de éxito de las empresas hidráulicas.

Escasos resultados de muchas empresas hidráulicas.—Necesidad de estudiar las causas de los fracasos.—Condiciones de éxito. El estudio.—El capital.—Valor del tiempo.—La población.—Los estímulos.

En los capítulos anteriores hemos estudiado los medios diversos de utilización agrícola de las aguas y los de defenderse de sus estragos cuando tan preciado elemento deja de ser el colaborador del hombre para convertirse en su enemigo. En más de una ocasión hemos hecho notar las inmensas ventajas de esta labor hidráulica, y es posible que entonces haya cruzado por la mente del lector la siguiente pregunta: si tan lisonjero resultado cabe esperar de esas empresas, ¿cómo es que no se acometen sin tardanza? Se comprende que el Estado, organizado más especialmente para fines políticos que económicos, rehuya tomar á su cargo asuntos, que podría sospechar no ser de su incumbencia; pero la iniciativa particular, ¿ante qué se detiene? ¿Tan abundantes son los negocios pingües que no queden capitales que dedicar á esas maravillosas trans-

formaciones de tan portentosos como lucrativos resultados?

Pero ese asombro, con dejos de duda, se convertirá quizá en franca incredulidad cuando sepa que no han sido tan por completo olvidados de los capitalistas los negocios hidráulicos, que varios han sido emprendidos y que los más de ellos no han conducido sino á grandes fracasos económicos, á pesar de que el Estado ha acudido también solícito, con auxilios y subvenciones, para salvar de la ruina á las empresas.

Y si á pesar de hechos, al parecer tan decisivos, fija su atención en las regiones ampliamente regadas y las compara con aquellas otras de análogo clima, pero que, sin embargo, no gozan de igual beneficio; si evoca antiguas grandezas, donde la ruina de obras colosales ha devuelto al desierto la soberanía usurpada; si en la misma región vuelve alternativamente los ojos al seco cerro y al llano humedecido; si pone con la imaginación frente á frente el fértil Egipto y la abrasada Andalucía, la antigua Babilonia y su hoy asolado emplazamiento, las huertas y los secanos de Murcia ó de Valencia, no podrá menos de reconocer que, cualquiera que sea el precio de la transformación, el beneficio es innegable, porque entre la muerte y la vida, entre la esterilidad y la abundancia, la diferencia deja de ser apreciable por su excesiva magnitud, dentro de las combinaciones económicas habituales.

Existirán, indudablemente, dificultades que retarden el éxito y expliquen los fracasos, pero no deben ser seguramente tales que obliguen á abandonar el intento. Porque es difícil, hay que estudiarlo con ahinco y que acometerlo sin desmayos, que cuando el objeto es digno del esfuerzo, los obstáculos no serán sino un atractivo más para las almas bien templadas. Veamos, pues, qué dificultades pueden ser éstas.



No hemos considerado hasta ahora sino un estado inicial y un estado final, al cual habría de llegarse mediante un determinado sistema de obras. Hemos indicado algo respecto á las condiciones técnicas que en los distintos casos había que satisfacer, pero no hemos dicho nada todavía de los que por tales medios han de efectuar la transformación.

Las obras no se hacen solas: necesitan del trabajo, del capital; exigen relaciones especiales entre los diversos agentes, mediante cuyo mancomunado esfuerzo han de ser llevadas á vías de realización, y no serán tampoco acometidas sino en cuanto los estímulos sean suficientes para poner en juego tan numerosas actividades.

Y aquí está de ordinario la clave del problema: que todas las dificultades técnicas, con ser en ocasiones de solución delicadísima, ceden el puesto en importancia, en la mayoría de los casos, ante esas otras dificultades de orden económico, jurídico y social, de las cuales depende casi exclusivamente el éxito.

Para proceder con orden empezaremos por estudiar, aunque con la brevedad que la especial índole de esta obrita permite, las condiciones esenciales de éxito de las empresas hidráulicas; nos haremos cargo luego de los obstáculos que puedan encontrar en los preceptos legales y en los intereses creados; veremos en seguida cómo podrán agruparse los distintos elementos cuya cooperación es necesaria, y cuál es el papel que el Estado debería tomar en la obra común para terminar con una rápida ojeada sobre las necesidades sentidas y los esfuerzos realizados.

Las condiciones principales de éxito pueden reducirse á tres: un conocimiento tan completo, como sea posible, del problema que se trata de resolver; capital suficiente para atender á todos los gastos que se originen,



y una población trabajadora capaz de suministrar obreros hábiles para los nuevos cultivos. La primera condición no podrá ser satisfecha sino por un estudio detenido del asunto, así técnico como económico. Habrá que asegurarse, al efecto, de cuál podrá ser la cantidad de agua con que se podrá contar para el riego; habrá que averiguar también las cualidades de este agua y las materias fertilizantes que puede suministrar á la producción agrícola, la naturaleza del suelo y del subsuelo en toda la extensión de la zona regable y la forma y superficie de esta zona; y habrá que estudiar, por último, cuáles son las necesidades de los mercados próximos y cuáles los medios de acceso que para llegar hasta ellos podrán utilizar los nuevos productos.

Una vez reunidos estos datos preliminares, será ya posible elegir los nuevos cultivos á que se podrá dedicar la zona; determinar cuáles serían sus exigencias en agua y en abonos; fijar, en definitiva, la disposición general y de detalle de las obras hidráulicas necesarias, calcular los gastos de todas clases que por este concepto, para la preparación de las tierras y para las necesidades de la explotación, fuera necesario sufragar, y comparar, por último, estos gastos con los ingresos presumibles, dado el valor que los productos pudieran alcanzar en el mercado. Sólo cuando esta comparación fuera favorable, deberá intentarse la empresa.

Pero si la combinación de los datos fundamentales no es tarea que exceda los límites de la iniciativa particular, no ocurre ya lo mismo con su obtención, que es labor delicada y no nada breve si ha de ser algo más que la reunión de unos cuantos informes locales, siempre inciertos y á menudo interesados. Además, esos datos han de ser la base obligada de las concesiones de agua, de las declaraciones de utilidad pública, de los auxilios de todas clases que el Estado pudiera prestar á la empre-



sa, y de aquí nacerán nuevos derechos que, si dejan á salvo los ya adquiridos, pueden ser un obstáculo para los aprovechamientos futuros.

Si se abandona ese trabajo á los particulares, se corre el riesgo de que el interés del negocio perjudique á la exactitud de los datos. Estos serán siempre parciales por la deficiencia del estudio, que no puede ser muy minucioso sin resultar caro, y esta consideración hará que la empresa trate de reservarse la mayor holgura posible ante las eventualidades del porvenir. Tratará, en consecuencia, de adquirir derecho sobre la mayor cantidad posible de agua, y al mismo tiempo de suscribir el mínimo de compromisos, aspirando, sin embargo, á la máxima retribución.

La magnitud del negocio en toda una cuenca sería quizá superior á las fuerzas de una empresa, y si se hacía por varias, los datos se encontrarían las más veces en abierta oposición y los intereses irreconciliables.

Es cierto que esos datos pueden comprobarse, pero la única comprobación segura sería tomarlos de nuevo, duplicándose así el trabajo para el mismo resultado. Es, pues, un caso en que la acción del Estado está indicadísima.

Debe comprender este servicio la creación de estaciones de aforo con carácter permanente, de observaciones meteorológicas, y especialmente pluviométricas y de evaporación, la previsión de crecidas, etc.; debe, en una palabra, formar el inventario de los recursos naturales, notando las deficiencias del medio y los modos de remediarlas.

Se tendrían así los datos fundamentales de todo proyecto, pero todavía puede encargarse el Estado del estudio de los proyectos mismos, y es este uno de los más justificados auxilios que puede prestar á las empresas hidráulicas.



Estudios y proyectos deberán hacerse públicos, por lo menos en sus líneas generales, en Boletines ó Anuarios especialmente dedicados á esta propaganda, para que, llegando á conocimiento de todos, puedan hacer despertar las iniciativas dormidas y producir la máxima utilidad de que son capaces.

En segundo término hemos visto que es necesario capital. El estudio habrá dicho ya en qué proporción es indispensable, y si la empresa es útil no parece que deba faltar. Sin embargo, la utilidad de la empresa significa sólo que los beneficios que produzca superarán á los gastos que ocasione. Si los gastos y los beneficios recayeran sobre el mismo individuo ó colectividad, la ganancia será evidente, y será de esperar que el capital sea empleado; pero cuando esa identidad desaparece, la remuneración del capital habrá de ser el resultado de un contrato, que no llegará á realizarse si no hay ventajas para ambas partes; los beneficios habrán de dividirse, y el capital no acudirá si no fueran suficientes los que hayan de corresponderle.

Dado que se pueda reunir el capital necesario, todavía será conveniente que se emplee en el menor tiempo posible. El mismo gasto y el mismo estado final pueden corresponder, sin embargo, para la misma empresa, á una ganancia ó á una pérdida, según el intervalo que media entre la inversión del capital y la percepción de los ingresos. Supongamos, por ejemplo, que un capital de 1.000.000 de pesetas es necesario para un cierto negocio, y que con él se constituye una renta que, capitalizada, equivaldría á 1.250.000; el beneficio parece evidente, y, en efecto, si el gasto se hace en un año y es preciso esperar otro para empezar á recoger los frutos de la explotación, los intereses del capital invertido durante los dos años que habrá de permanecer improductivo le harán subir hasta 1.102.500 pesetas, y como



por este precio se compra un capital de 1.250.000 pesetas, se habrá realizado un beneficio de más de un 13 por 100.

En cambio, si ese mismo millón de pesetas se gasta en veinte años, para lo cual bastaría una anualidad de 50.000, se tendrá que al cabo de ese plazo el importe de los gastos hechos y de los intereses que se han dejado de percibir ascenderían á 1.653.300. Si el capital creado no ascendía entonces sino á 1.250.000, se habría sufrido una pérdida efectiva de 403.300, algo más del 24 por 100 del capital empleado.

Pero todavía se ha exagerado el razonamiento á favor del beneficio. Se ha supuesto, en efecto, que el coste sería el mismo en un plazo corto que uno largo, lo cual no es exacto, pues toda obra está sometida á deterioros que hay que reparar; y los gastos de conservación que de aquí se siguen y que, terminadas las obras, habría que cargar á la explotación, vendrán á aumentar el capital de primer establecimiento.

Por estas consideraciones se ve cuál es el valor del tiempo en los negocios y cómo puede, si no se le tiene en cuenta, cambiar los buenos en malos y los malos en ruinosos. Mas si se ha de economizar el tiempo todo lo posible, preciso será que no se descuide ninguna de las *circunstancias* que han de contribuir á la radical transformación del sistema de cultivo. En vano será que se construyan las obras hidráulicas necesarias si las tierras no se preparan para el riego, y el agua no hace más que variar de cauce, é inútiles serán también, y aun ruinosos, cuantos esfuerzos se inviertan en preparar las tierras, si no se cuenta además con recursos suficientes para hacer frente á los gastos de explotación, que habrá que aumentar considerablemente para la adquisición de abonos y maquinaria y para la retribución anticipada de la mayor suma de trabajo que exi-



girá la nueva producción. El capital deberá, pues, encontrarse siempre allí donde haga falta, y cualquier aparente economía puede traer consigo pérdidas de consideración, si hubiera de retrasar el desarrollo de los riegos.

Porque no es sólo que los plazos largos, prolongándose más allá de la vida de los individuos, sean un obstáculo insuperable á sus iniciativas: las consideraciones hechas se aplicarían lo mismo á un individuo eterno, al Estado, por ejemplo. Podrá ocurrir en algunos casos que el lazo de solidaridad que el Estado tiende entre las presentes y las futuras generaciones obligue á sacrificar, hasta cierto punto, á las primeras, en beneficio de las segundas, al modo como en beneficio de aquéllas se sacrificaron las pasadas; pero el caso no es este.

Ese sacrificio debido, que se traduce en el ahorro, tiene su valor en cada momento determinado por la relación que existe entre la suma de las aspiraciones sociales y la masa total de los capitales disponibles. Ese valor es la renta corriente del capital, y cualquier empresa que no remunere más ó menos pronto en esa proporción los desembolsos que requiere, es empresa ruinosa, ó, por lo menos, prematura, pues al tiempo en que ha sido acometida hubiera sido posible dar al capital un más útil empleo.

Se dirá quizá que el interés no se mantiene constante; que si así fuera, el capital actual del mundo sería fabuloso; y se recordará á este propósito que es verdad, de todos sabida, que una moneda de cinco céntimos impuesta á interés compuesto, al nacer Jesucristo, sería hoy un capital suficiente para comprar con exceso cuanta riqueza hay en el mundo. Pero esto depende de que muchos de esos capitales se consumen, de que gran parte de esas rentas se gasta en pura pérdida.



Ciertamente que sería un bien que esos consumos de capital, que esos despilfarros individuales ó nacionales se aplicaran á empresas en que pudiera recobrarse una parte del esfuerzo empleado; pero aún sería mejor, desde el punto de vista económico, suprimir todo despilfarro, sin que haya que perder de vista tampoco que no todas las utilidades están á la vista ni son numerables, y que la labor educativa y moralizadora de ciertos consumos, al parecer improductivos, puede ser suficiente para remunerar con exceso los gastos ocasionados.

Suponiendo ya que se dispone de todo el capital necesario, todavía será precisa una población trabajadora é inteligente, apta para los nuevos cultivos. De todos los elementos necesarios para una empresa de esta índole, el hombre es, en efecto, el más difícil de improvisar. El cultivo intensivo exige hábitos especiales que no se adquieren en un día y que dan la razón en un gran número de casos del lento desarrollo de los regadíos nuevos.

Mucho puede contribuir á formar esa población el establecimiento de campos de experiencias y de explotaciones modelos y la activa propaganda de los conocimientos agrícolas; puede favorecerse también, con igual objeto, la inmigración de regantes hábiles; pero para que todos estos medios den resultados prácticos será indispensable que los nuevos cultivadores encuentren ampliamente recompensados sus esfuerzos.

No bastará, en efecto, dar al trabajo la retribución acostumbrada, pues el salir de los hábitos de la vida ó el cambiar de residencia requiere estímulos más poderosos que los ordinarios. Ninguno mejor quizá que la seguridad del porvenir garantizada por el colonato vitalicio ó transformable en propiedad al cabo de un cierto número de años, y á él, sin duda, convendrá recurrir



cuando se trate de cultivos adecuados para la pequeña propiedad; pero cuando así no fuera, la formación de Asociaciones que aseguraran al bracero una participación en los beneficios contribuiría también poderosamente al mismo fin, interesando á tan indispensables colaboradores en el más rápido desarrollo de la empresa.



CAPÍTULO II

Obstáculos legales.

La organización de la propiedad y el derecho de expropiación.—El art. 197 de la ley de Aguas.—El interés de los propietarios.—El derecho de propiedad.—Grandes y pequeñas propiedades.—Expropiación y derecho de tanteo.—Concesiones de aguas.

Después de haber pasado revista á las condiciones esenciales de éxito, veamos ahora cuáles son los obstáculos principales que pueden presentarse. Los más graves que pueden oponerse á cualquier innovación son indudablemente los derechos adquiridos. Para que la transformación que ahora nos ocupa sea realizable, es preciso disponer del agua necesaria, del terreno regable y del emplazamiento de las obras. En las empresas importantes que requieren el esfuerzo colectivo, y que es donde los obstáculos de que ahora tratamos son realmente de temer, el agua es ordinariamente de dominio público, y el Estado la cede mediante concesión. Esta concesión lleva aparejada de ordinario la declaración de utilidad pública de las obras, y con ella la facultad de expropiar los terrenos necesarios para su emplazamiento; pero las tierras regables están en poder de particulares, con cuya voluntad hay que contar, y que en determinados casos pueden ser un obstáculo serio.

Pero ¿es posible que lo sean? ¿No son ellos mismos los primeros interesados? Eso parece á primera vista,



y eso, sin duda, ha supuesto la ley al hacer depender de su voluntad la ejecución de las empresas de riego. En las obras públicas que tienen por objeto facilitar las comunicaciones entre los pueblos, el propietario del suelo que es necesario ocupar puede no tener interés ninguno en la obra, puede hasta ser directamente opuesto á ella; de un modo ó de otro ha de cesar en el aprovechamiento de su tierra, y la ley, respetuosa con el derecho adquirido legítimamente, pero defensora del interés social, busca una transacción por cuya virtud el propietario cambia la forma de su propiedad; antes era tierra, ahora será dinero, y con ese dinero podrá obtener el antiguo dueño lo que desee: la tierra será aplicada al nuevo uso. Y ¿por qué este cambio? ¿Dónde reside aquí el interés social? ¿En qué forma ha de ser afectado? ¿Qué es lo que se va á conseguir con la obra? Pues se va á conseguir un aumento en la riqueza general: la vía de comunicación, al permitir el transporte de los productos, facilita los cambios, y como éstos son siempre beneficiosos, la utilidad social se acrecienta; sin crear propiamente productos, aumenta, sin embargo, el valor de los producidos, y los beneficios considerables que de aquí resultan no pueden ser impedidos por el error, el capricho ó la mala fe de un particular ni de cien particulares. Por eso la ley, si el caso se presenta, decreta la expropiación. No se preocupa entonces de que sean muchos ó pocos los propietarios expropiados: eso será cuestión de que las indemnizaciones sean más ó menos importantes; tales podrían ser que obligaran á renunciar á la obra; pero aun en ese caso, el criterio no habría variado; si para crear una riqueza era preciso destruir otra más considerable, la prudencia aconsejaría no intentar el cambio; no se trataría aquí del reconocimiento de un derecho más ó menos justificado, sino de una pura consideración eco-



nómica. La ley concede, sin embargo, al propietario el derecho á impugnar la necesidad de la ocupación de su inmueble, pero reserva á la Administración el de fallar el pleito; en ningún caso deja en sus manos el medio de impedir las obras, y si algunos preceptos legales ó reglamentarios se prestan á abusos de parte de los particulares, el legislador, con aplauso de todos, se apresura á corregirlos.

Y no es sólo para el emplazamiento de las obras públicas para lo que nuestras leyes autorizan la expropiación. El art. 10 de la Constitución vigente, donde se trata de este punto, no exige otra razón para reconocer al Estado la facultad de expropiar que la utilidad pública, aunque establezca también determinados requisitos, como la previa indemnización, que sirvan de garantía al propietario contra cualquier abusiva violación de su derecho. Bastará, pues, la declaración de esa utilidad, para la que de ordinario será preciso una ley, pero para la que basta en algún caso un simple expediente administrativo, y con ella vendrá reconocido el derecho á expropiar. Así, por ejemplo, cuando en la explotación de una mina, las labores mineras y la producción agrícola resultan incompatibles, se podrá expropiar al dueño del suelo, siempre que se presuma que la empresa minera ha de producir un aumento de la riqueza general.

Con estos antecedentes, natural parecía que, tratándose de riegos, el derecho de expropiación debería también afirmarse por la ley; y así es, en efecto, pues según el art. 197 de la ley de Aguas vigente, todos los terrenos comprendidos en el plano general aprobado, de los que pueden recibir riego, quedan sujetos, aunque sus dueños lo rehusen, al pago del canon que se establezca, luego que sea aceptado por la mayoría de los propietarios interesados, computada esta mayoría por



la extensión superficial de sus fincas; y la empresa, cualquiera que sea, tendrá el derecho de expropiar por su valor de secano los terrenos cuyos dueños rehusen el pago. Está, pues, también reconocido el derecho de expropiación forzosa para riegos, y sólo se establece la limitación de que para aplicarlo es preciso que el riego sea ya aceptado por los propietarios de la mitad de las tierras. ¿Por qué esta limitación? La ley ha querido, sin duda, buscar una garantía de la utilidad de la empresa, y no ha creído ninguna más segura que ese compromiso, libremente adquirido por los propietarios mismos, que deberían ser los primeros interesados, pues la mera posibilidad del riego hacía ya aumentar el valor de sus tierras. No podía admitir que la mayoría de los propietarios rechazara un beneficio tan evidente, al parecer, como el del riego, y había de deducir naturalmente que, cuando el canon no era aceptado, era necesariamente ruinoso; pero desde que adquiere la seguridad de lo contrario no retrocede ante ninguna consideración de derecho, ante ningún supersticioso respeto á la propiedad; expropia desde luego, y expropia por su valor de secano, y es más: una disposición posterior aclaratoria de ese artículo, dictada en 12 de Octubre de 1881, declara que es potestativo en las empresas adquirir esos terrenos de una sola vez ó paulatinamente, conforme á sus intereses convenga; de suerte que el propietario disidente no se ve nunca libre de la amenaza de perder sus tierras por un valor inferior al que por las obras deben haber alcanzado.

Es verdad que el citado artículo deja entrever la posibilidad de que se pague el canon y no se riegue, con lo cual parece darse á entender que lo que solamente se persigue es remunerar á la empresa reconocida útil; pero la empresa sólo puede ser útil en cuanto aumenta por el riego la producción y la riqueza; luego lo que



en el fondo se persigue es el riego, y ese caso, que aparece como posible, es para el propietario una especie de castigo por su indolencia, un estímulo que le induzca á regar ó á traspasar su derecho á otro que regase, una indemnización por los perjuicios que ocasiona, negándose á colaborar en una empresa beneficiosa para todos.

De no ser tales el propósito y la justificación, la ley sería considerablemente injusta, pues obligaría al propietario á contribuir á una obra que carecía para él de toda utilidad. Supongamos, en efecto, que la finca de que se trata esté sometida á una explotación altamente lucrativa, pero para la cual el riego no sea de gran utilidad; que la finca misma tenga suficiente agua para sus necesidades, y que, en definitiva, su producción no venga aumentada con las obras, pero que se encuentra dentro de la zona de riego. El dueño, en este caso especialísimo, haría bien en no regarla: atendiendo á su interés, beneficiaba al interés social. No tenía con las obras más de lo que antes tenía; pero al pagar el canon se disminuían sus ingresos, sin que se le hubiera dado la posibilidad de aumentarlos. ¿No sería esto un verdadero despojo? Pero se dirá: en ese caso el propietario puede dejarse expropiar, y, al expropiarle, la empresa le pagará el valor de su finca. No perderá nada. ¿Que no perderá? Pues qué, ¿puede ser indiferente en un negocio recibir sus rendimientos actuales ó explotarle? ¿Nada valen los cálculos que pueden hacerse sobre su desarrollo futuro? ¿Es, por ventura, lo mismo comprar que dejar de comprar y conservar el importe? La igualdad de valor no supone indiferencia en el cambio; si así fuera, no habría razón ninguna para que se llevara á efecto.

No; ese caso límite no lo ha supuesto la ley, no ha podido suponerlo. Si tales circunstancias reune esa fin-



ca, no ha debido ser incluída entre los terrenos regables; desde el momento que lo está, la ley no puede suponer sino que el riego le es útil y trata de excitar á su establecimiento. En su día tuvo el propietario expedito el camino para defender su derecho; si entonces no lo ejercitó ó si el aprovechamiento actual de la finca es posterior á la implantación de los riegos, el daño no puede recaer sobre la empresa, cuyos derechos nacieron desde que el plano del riego fué aprobado.

Es, pues, una garantía de utilidad lo que la ley exclusivamente busca al solicitar el asentimiento de los propietarios, y por eso lo exige también acompañando á toda petición de agua para riegos el art. 3.º de la Instrucción de 14 de Junio de 1883 para tramitar los expedientes de aprovechamiento de aguas públicas, y se reproduce igual condición en la prescripción 1.ª del art. 3.º de la ley de auxilios á las empresas de canales y pantanos de riego de 27 de Julio de 1883, y en el número 6.º del art. 5.º del Reglamento para la ejecución de dicha ley de 9 de Abril de 1895. Trátase en todos estos casos de que la obra no sea inútil, de que sus ventajas no sean ilusorias, y esto conseguido concede en seguida la ley el derecho de expropiación que, concedido sin garantías, expondría á la propiedad á una instabilidad perniciosa que la haría perder las ventajas que la justifican.

Pero la garantía escogida, ¿es suficiente? ¿Es acaso la más adecuada? No ciertamente en todos los casos. Suponiendo que sea el propietario el más interesado en el cambio de cultivo, que de esto ya trataremos luego, concediéndole conocimiento perfecto de los datos del problema, recursos sobrados á su disposición y actividad é iniciativas poderosamente desarrolladas, todavía el precepto legal no sería acertado. Habría que suponer entonces que, tanto unos como otros propietarios, los



que quisieran y los que no quisieran el riego tendrían razón, que la zona no sería homogénea en sus necesidades, y que las obras, de hacerse, deberían ser costeadas ó remuneradas solamente por los que habían de sacar provecho de ellas, con exclusión completa de los otros. Si su beneficio era suficiente, él solo bastaría para costear las obras; si no lo era, la empresa debería ser abandonada, pues ninguna razón de equidad podría invocarse para llevarla á cabo á expensas de los que no sacaban de ella ninguna utilidad. Además, si así se hiciera, el resultado sería ruinoso, pues en definitiva se habría disminuído la riqueza general.

De suerte que hasta cuando los propietarios pudieran ser jueces más competentes en el asunto, las consecuencias legales de su fallo estarían reñidas con la justicia. ¿Qué ocurrirá, pues, cuando el interés mal entendido, la escasez de recursos, la indiferencia y la pereza, la mala fe á veces, vengan á introducir sus perturbadores efectos? Suponed una zona perfectamente homogénea en cuanto á la calidad y exposición de los terrenos, á su disposición topográfica y á los medios de transporte; pero de esa zona, más de la mitad pertenece á un gran terrateniente, mientras que el resto está dividido entre una porción de pequeños propietarios; pues bien, el primero será el único á quien la decisión corresponda. Si no entra en sus combinaciones el regar; si vive descansadamente con sus rentas, y desconfía de comprometerse en una explotación que ni quiere ni puede dirigir personalmente, ya pueden los demás propietarios renunciar á toda mejora: las aguas no serán concedidas, las obras no serán auxiliadas. Si, por el contrario, el tal terrateniente es hombre de iniciativas; si además, como parece probable, no carece de capital; si de todos modos le es fácil levantarlo con la garantía de las tierras mismas, él solo podrá construir

las obras, percibir el auxilio y obligar al resto de los propietarios á pagarle el canon que estime conveniente ó á venderle las tierras por su valor primitivo. Su negocio sería redondo; la ley pone en sus manos la totalidad de la zona.

Pero ese gran terrateniente, ¿no podrá ser un hombre activo y generoso, amante del progreso y servidor de la justicia? Sí, puede serlo, pero entonces huelgan todos los preceptos legales; con ellos y sin ellos, las obras se llevarán á cabo en condiciones óptimas y todo se arreglará *pour les mieux dans le meilleur des mondes.* La Administración, se me dirá, deberá velar entonces por los intereses de esos pequeños propietarios; conocido el juego, debe evitarlo; pero, ¿y si no lo conoce? ¿Es tan fácil penetrar en el abismo de las intenciones? Y si, en definitiva, hubiera de ser la Administración la que decidiera de la obra, ¿para qué esas limitaciones legales que en tal caso sólo serían eficaces para impedirla?

En casos más complejos las dificultades suben de punto. El interés de cada propietario por las obras será proporcionado al beneficio que recibe, el cual no depende exclusivamente de la extensión de la superficie regable; no es el mismo, como vimos más atrás, para una tierra fértil que para una estéril; varía de uno á otro cultivo, no puede medirse tampoco por los volúmenes de agua consumidos. En estas condiciones, esa quimérica equidad que se quiere establecer, reconociendo igual derecho á todas las hectáreas, podrá ser, en muchos casos, la consagración de un privilegio irritante á favor de determinado grupo de fincas. Si la unidad de derecho fuera el hombre y no la hectárea, dificultades análogas, aunque de otro orden, se presentarían, aparte de las simulaciones á que el procedimiento podría prestarse. No menos inconvenientes ofrecería el tomar en cuenta el valor total de la finca, el importe de



la contribución ú otros signos análogos; siempre será muy difícil encontrar *a priori* una regla absoluta y sencilla que pudiera valorar el grado racional de aprecio de los propietarios por la transformación proyectada.

Hemos supuesto hasta ahora que los propietarios eran los más interesados; pero esta hipótesis, ¿es exacta? Como tal propietario, su interés por los riegos depende de la influencia que tengan sobre los rendimientos de la tierra. Los productos de ésta aumentan, es cierto; pero este aumento no es del todo gratuito. Aparte del canon que paga el colono á la empresa ó á la comunidad, deberá en la mayor parte de los casos preparar sus tierras para el riego, adquirir abonos y material agrícola, emplear un trabajo más intenso, y todo esto se traduce en gastos: el cultivador produce más, y más podrá pagar; pero de esa mayor contribución, ¿qué será lo que llegará á la renta de la tierra? Aun admitiendo que á la larga todo el beneficio venga á recaer sobre ella, en un cierto plazo, variable con las circunstancias locales, puede no llegar á la renta sino una porción mezquina, nula acaso. Al principio sobrará tierra y faltarán quizá cultivadores inteligentes: la demanda de brazos elevará los salarios, y en virtud de la ley de la competencia, serán mejor retribuídos los factores más solicitados. Y este plazo puede en ocasiones alargarse de modo que la expectativa de los beneficios futuros deje de ser un estímulo para el propietario actual. ¿Se deduciría de aquí que la obra era inútil? En modo alguno. Lo que ocurriría sería que el beneficio estaría en otra parte, y que al entregar á los propietarios el derecho de veto, se les investía del poder de limitar la actividad de los demás, oponiéndose al desarrollo de la riqueza pública. No son, pues, los propietarios los primeros interesados. Lo serán los que más tengan que

ganar: los braceros, que van á cambiar un jornal inseguro por una ocupación continua; los cultivadores, que encontrarán mejor remunerado su trabajo; la población urbana, que consume mejores productos y produce también en mayor cantidad; la industria, que adquiere nuevas materias primas; el capital, que encuentra nuevo empleo; el Estado, que ve aumentar los tributos; y este beneficio que se divide y desmenuza, que pasa casi inadvertido, es mayor, muchas veces mayor, que el del propietario, que si es más tangible, si está á la vista de todos, no siempre es tan grande ni á veces existe. Si se quieren informaciones pídanse á la Cámaras Agrícolas y de Comercio, á los Ayuntamientos y Diputaciones, á las Sociedades obreras, á los propietarios también; pero como unos, entre tantos, y si se buscan garantías contra negocios poco estudiados ó entusiasmos efímeros é interesados, búsquense en la colaboración efectiva de todos los que persiguen las obras, pero dándoles al mismo tiempo la seguridad de recoger los beneficios á que sus esfuerzos les hacen acreedores.

Pero aquí nos saldrán quizá al paso ciertos prejuicios relativos á la propiedad. Debo declarar ante todo que no llega á seducirme ese Estado providencia, dueño y señor de la riqueza y justo dispensador de sus beneficios, que, como solución única á la palpitante cuestión social, preconizan algunos. Creo firmemente que, hoy por hoy al menos, sin el poderoso acicate del interés individual, podrán quizá conservarse las Sociedades, pero inmóviles ó regresivas. Mas este mismo interés individual exige libertad amplia para todas las iniciativas, sin las trabas injustificadas que preexistentes derechos puedan oponerle. Enhorabuena sea la propiedad el premio del trabajo, pero que no sea nunca su rémora. Y hecha esta aclaración preliminar volvamos al asunto.



No he de entrar á discutir aquí si tiene el derecho fundamentos absolutos é indiscutibles ó si es simplemente el resultado de un convenio tácito ó expreso, y más ó menos libremente aceptado, para obtener un provecho ó para prevenir mayores males. Sea lo que quiera en su esencia íntima, es lo cierto que las cosas pasan como si la segunda hipótesis fuera la verdadera. Nunca la generalidad de los hombres sostendrá voluntariamente derechos é instituciones que notoriamente les perjudiquen, ni jamás encontrará otro límite á las vehementes aspiraciones de su voluntad que los daños que se sigan de la aplicación de la fuerza. La condición de toda institución estable será, pues, que sea provechosa para la generalidad, y todo derecho que no tenga ese origen ó al que no acompañe esa justificación, será rechazado al cabo como esas rancias legitimidades herederas de un estado social muerto y sepultado, que pasean aún por el mundo el fantasma de su antigua representación, que, como todos los fantasmas, no produce otro efecto que el terror de los ignorantes ó la sonrisa de los despreocupados.

Desde el punto de vista en que nos colocamos, la propiedad no puede tener otro fundamento que las ventajas que para la sociedad deriven de ella, y cuando de la propiedad de la tierra se trata, estas ventajas son para el propietario (que al fin es parte de la colectividad), la seguridad de recoger el fruto de su trabajo, la confianza en el porvenir, la extensión de la personalidad: para la sociedad, en el mayor estímulo para el trabajo que la propiedad supone y que se traducirá en un aumento de la producción. Y ¿qué le importa á la sociedad, podría pensarse, que el propietario produzca mucho, si en definitiva para él produce? Le importa, porque el propietario, si trabaja para sí, no utilizará probablemente sus productos, sino su valor; producirá



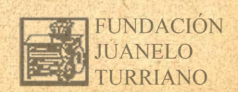
una escasa parte para consumirla, pero producirá la mayor parte para cambiarla, y mientras más productos presente al cambio, menor será su precio de venta, mayor la facilidad para adquirirlos y más completa la satisfacción de las necesidades y el bienestar de los asociados. Siempre que estas mutuas ventajas se deduzcan, la propiedad deberá ser respetada. Pero, ¿se dan en todos los casos?

Cuando el propietario trabaja directamente su tierra, ya solo, ya dirigiendo á un corto número de obreros compañeros suyos á quienes alienta con el ejemplo, el trabajo que se desarrolle será indudablemente el mayor prácticamente posible. Su eficacia dependerá de la mayor ó menor aptitud de los trabajadores y de su director, pero su intensidad será insuperable. Podrá convenir elevar el nivel de su instrucción, pero no habrá para qué intervenir en la organización económica del grupo. Es el caso de la pequeña propiedad.

Si, por el contrario, la extensión de la propiedad es enorme, el propietario no podrá tomar ya parte directa en el trabajo, y á lo sumo se reservará la dirección suprema. El trabajo será asalariado, y, por consiguiente, sin interés directo ninguno sobre la abundancia del producto. La continua vigilancia por parte del dueño, la participación de los obreros en el beneficio, pueden reducir los inconvenientes de este régimen, que, sin embargo, puede estar justificado por la naturaleza especial de los cultivos. Las ventajas de la gran propiedad disminuyen más cuando el propietario arrienda sus tierras. Entonces los estímulos se dirigirán al arrendatario; pero si éste tiene interés en aumentar los productos, se preocupará poco de las futuras mejoras de la finca que tiene pocas esperanzas de disfrutar ó tal vez ninguna. Pero todavía se cumplen menos las condiciones que justifican la propiedad de la tierra cuando

el propietario directamente ni explota ni arrienda, sino que tiene sus fincas en poder de administradores. Estos intermediarios, sin elevar la producción al límite á que quizá llegara sin ellos con otra organización más espontánea, consumen, sin embargo, una parte del producto que es así gastado en pura pérdida.

Veamos ahora cómo se conducirán una y otra propiedad ante un cambio de cultivo. El pequeño propietario, atento siempre á aumentar sus ingresos para mejorar sus condiciones de vida, aceptará desde luego cualquier innovación, con tal que su utilidad le sea evidente, aunque para ello tenga que hacer algún sacrificio. Su apego á la rutina cederá ante la demostración; y por otra parte, como el número de interesados será grande, no faltarán los convencidos, que en lo sucesivo serán nuevos propagadores de la idea. Si caben pequeños ensayos parciales, empezarán á hacerse, y sus beneficiosos resultados serán el mejor argumento que se haga en favor de la empresa. Esta se impondrá al cabo, y no encontrará de ordinario en la organización de la propiedad un obstáculo insuperable á su desarrollo. Sólo quedará á discutir, cuando sea una Sociedad extraña á los propietarios la que ejecute las obras, el precio del servicio. Si las obras están ya hechas y el propietario á nada se ha obligado, su posición es formidable, y de ella tratará de sacar el mayor partido posible; negándose á regar, en nada disminuye sus anteriores provechos, pero niega á la empresa todo medio de hacer producir á su capital. En rigor, el Estado no debía permanecer impasible ante un tal estado de cosas, que impedía el aumento de la riqueza general sin beneficio para nadie; pero la expropiación en este caso tendría inconvenientes de otra índole. La organización de la propiedad es la manifestación de un estado social, que no siempre podrá ser modificado impunemente:



envuelve una porción de relaciones de orden económico y de orden moral que tienen también un valor y que será prudente tener en cuenta. Además, se busca un beneficio social y es este beneficio el que se opone al interés del propietario para justificar la expropiación; cuando la propiedad está tan dividida, que la mayoría ó una gran parte de la población son propietarios, ¿cómo desligar ese interés social del interés individual, si ambos son entonces aspectos distintos de una misma cosa? Parece, pues, bien, que en este caso nada se haga sin el asentimiento de los propietarios: su decisión tiene grandes probabilidades de ser acertada; mas cuando así no fuera, ¿sería la expropiación prácticamente posible? ¿Qué suma de obstáculos no se opondría á ella? ¿Cómo vencer la resistencia pasiva de un grupo numeroso y bien situado? ¿Valdrían las ventajas que se perseguían el cúmulo de esfuerzos que habría que realizar para alcanzarlas? El art. 197 de la ley de Aguas será aquí natural, y á lo sumo se podría conceder á los partidarios del riego el derecho de tanteo en las ventas de fincas no comprometidas.

Para la gran propiedad, las circunstancias cambian considerablemente. Mantenida de ordinario por la pobreza del suelo ó por las exigencias de tradicionales cultivos, de tan eventuales resultados para el labrador, como de jornal inseguro y mezquino para el bracero, cualquier cambio importante que venga á aumentar los rendimientos, y los riegos especialmente, obligará á aumentar de un modo considerable el capital de explotación, al tiempo que la tierra misma, de escaso valor en sí, apenas si puede servir de garantía para poder obtener sobre ella anticipos de importancia. Las dificultades que para el propietario presenta el cambio, son de gran entidad y las ventajas problemáticas; pues aunque el resultado final sea indudable, el factor tiempo



entra en la cuestión con una indeterminación tal, que puede convertir la ganancia en pérdida. Y si ocurre esto al propietario atento á la mejora de su finca, ¿qué ocurrirá al que la tiene arrendada ó administrada por segunda persona? ¿Podrá extrañar que, dominado por la rutina, satisfecho de su renta y temeroso de comprometer capitales que no puede administrar directamente, se encoja de hombros ante la empresa? Para quien tiene tierras, como pudiera tener títulos de la Deuda pública, cooperar á una empresa de riegos sería lo mismo que realizar el papel para dedicar su importe á una operación industrial; y ¿cómo hará esto el que, huyendo de riesgos, busca á sus capitales un empleo cómodo, seguro y lucrativo? Y ¿sería lógico dejar á tales propietarios la facultad de fallar en última instancia?

Pero se dirá: si tan poco apego tienen á esa tierra, ¿qué inconveniente tendrán los propietarios en vender? Si el negocio es bueno, no faltarán compradores. Bien se podría contestar á esta pregunta con otra: ¿qué estímulo tendrán para vender? La cualidad de propietarios parece indicar satisfacción. Si no les fuera bien con sus tierras, ya las habrían vendido; no venderán por las mismas razones porque no han vendido antes.

No se convencerá todavía el contradictor y adelantará quizá; el estímulo estará en el mayor precio que ahora podrá ofrecérsele; la empresa va á realizar una ganancia: que comparta el beneficio con el propietario. Pero aquí está precisamente el *quid* de la dificultad. Demos de barato que el propietario, por el mero hecho de serlo, sin que á su cualidad de propietario haya añadido el menor esfuerzo en favor de las obras que habrían de mejorar su propiedad, tenga derecho á esa participación en los beneficios. No se ve claro qué alto



interés social se sirve de este modo; qué ventajas se siguen del reconocimiento de ese derecho al trabajo ajeno, sólo explicable cuando la propiedad de la tierra llevaba anejos derechos de soberanía; natural, cuando su fundamento admitido era la conquista; anacrónico, ilógico é inmoral, cuando se quiere que la propiedad no tenga otras fuentes que el trabajo y el contrato libres. Admitamos, sin embargo, por un momento la legitimidad de ese derecho; todavía no se encontrará en él un criterio que determine las proporciones de la repartición, que habrán de ser objeto de un convenio. Sigamos sus trámites.

En primer lugar, ¿existe el beneficio? Todos lo creen: la empresa que gestiona el negocio; el propietario, que no de otro modo podrá explicarse la solicitud del oferente; la primera ha hecho un estudio: sus esperanzas pueden ser fundadas; el segundo no necesita estudiar nada; en el cambio nada puede perder; su posición es más segura, pero por lo mismo exagerará en su mente la ganancia, que convida á aceptar todos los riesgos. Y, sin embargo, el beneficio no puede resultar sino de la buena gestión del negocio; en rigor no existe hasta que se ha realizado; es casi imposible valorarlo antes; al intentarlo ambas partes contratantes, las dos se equivocan y las dos quizá por exceso.

Pero supongamos que en esta primera determinación hubiera el suficiente acuerdo para seguir tratando. ¿Qué parte del beneficio conservará la empresa? ¿Cuál otra cederá al propietario? Á cada cual le parecerá mezquina la suya, pero habrá esta diferencia: el propietario no ha tomado iniciativa ninguna, escucha una proposición y la acepta ó la desecha; después de rechazada, su situación es la misma que al principio: nada ha perdido. La empresa, por el contrario, ha madurado la idea, le ha dado forma práctica y después ha



tomado una actitud activa, propone, ofrece, hay que suponerle un mayor empeño; no desistirá de sus gestiones sino cuando sus cálculos sean deshechos, cuando el beneficio esperado desaparezca ante las exigencias del propietario; y cuando desista, todas sus gestiones se habrán perdido en el vacío; sus esfuerzos se habrán anulado y toda ventaja habrá desaparecido. En estas condiciones, ¿no parece probable que todos los tratos fracasen, ó que, de no ser así, las ventajas resulten todas de parte del propietario, poniendo en peligro el éxito futuro de la empresa?

Y si fueran sólo los intereses del propietario y de la empresa los únicos comprometidos en estos tratos, con entera libertad podría dejárseles que arreglaran sus diferencias; pero es el interés público el que también se ventila, y no hay motivo ninguno para dejarle entregado á la impremeditación ó á la avaricia. No se puede admitir que la propiedad, ese poderoso estímulo de la actividad humana, condición de todo progreso y fuente de toda riqueza, se convierta en arma traidora que impida el paso á las iniciativas útiles si antes no deja en extrañas manos el más legítimo fruto de los propios esfuerzos. Admítase en buena hora al propietario como colaborador en la empresa, partícipe del beneficio en la medida que coadyuva al resultado; pero si se niega á esta proposición razonable, la expropiación se impone por el valor de secano (1).

(1) El principio de la expropiación forzosa de las zonas regables no es nada nuevo. Ha sido defendido, aún más radicalmente de lo que se hace en el texto, por el distinguido Ingeniero Jefe, D. Julio Merello, en su folleto titulado *Idea sobre la manera de construir los sistemas de riego posibles en España sin gravamen de los presupuestos ordinarios.* Cádiz, 1899. Igual radicalismo demuestra el Sr. Bentabol en su ya citada obra sobre *Las aguas de España y Portugal* (pág. 340, núm. 14). Final-



En resumen: podría ser la fórmula la expropiación de las fincas cuya extensión total excediera de determinado límite, y el derecho de tanteo sobre las que no llegaran á él. Si con estas facultades la extensión adherida no fuera suficiente para que las obras resultaran remuneradoras, sería probable que no hubiera llegado aún el momento oportuno de construirlas.

Y dejando ya la tierra, diremos cuatro palabras respecto al agua. Ya hemos hecho notar que la utilizada en las grandes empresas es ordinariamente de dominio público y que debe ser objeto de una concesión. ¿Cuáles deberán ser sus condiciones? Se debe huir, ante todo, de crear intereses que puedan servir de obstáculo á los desarrollos futuros, limitando las cantidades á lo estrictamente necesario, y reservándose el Estado el derecho de revisar las concesiones después de un cierto plazo. Es esto principalmente importante en los pantanos, que, por sus efectos reguladores, pueden influir de modo más marcado sobre el régimen de las aguas, originando serios perjuicios, sobre todo cuando los intereses encontrados ó mal entendidos de agricultores y empresas mantuvieran un ambiente de constante hostilidad, siempre lamentable, pero especialmente funesto, cuando la armonía y la concordia son las condiciones fundamentales del éxito.

---

mente, el Sr. Zulueta, en su *Canales de riego* (tomo XXXIX de los Manuales Soler), no retrocede tampoco ante la expropiación, aunque exigiendo determinadas garantías que aseguren el éxito de la empresa (pág. 210 y siguientes).



CAPÍTULO III

El papel del Estado.

Asociación de los intereses afines.—Conservación de las unidades naturales.—Organismos diversos.—Su funcionamiento.

Desaparecidos los principales obstáculos legales, parece que las obras no necesitarán ya otro estímulo que su propia utilidad para ser ejecutadas, y que las iniciativas particulares bastarían para dar satisfacción á todas las necesidades sentidas. No siempre, sin embargo, sucede así. Es tal el cúmulo de intereses que hay que armonizar y de voluntades que poner de acuerdo, que no es extraño que el esfuerzo colectivo se haga esperar aún por más tiempo del que la necesidad consiente. Ocurre á menudo en estos fenómenos sociales algo parecido á lo que sucede en las combinaciones químicas. Encerrad en un mismo recipiente un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno: si permanecen á la temperatura ordinaria, sin que ninguna acción exterior venga á ejercerse sobre ellos, la mezcla se conservará en tal estado indefinidamente; pero bastará que una chispa se produzca en el interior de la masa para que la afinidad éntre en juego y la combinación tenga lugar. Pues de una manera análoga los intereses más afines se encuentran con frecuencia sin conocerse, hasta que, circunstancias excepcionales, ponen de relieve el lazo que los



une y los empuja á acometer la empresa colectiva, en la que han de encontrar la realización de sus comunes aspiraciones.

Pero todavía no es la comparación del todo exacta: los dos gases los hemos supuesto mezclados íntimamente: iniciada la combinación, presto se propaga á toda la masa. La mezcla de los intereses individuales, de donde ha de nacer el interés colectivo, no siempre es tan perfecta: iniciada la acción en un punto, podrá detenerse en otro, á la manera como el fuego que avanza por el bosque encuentra un obstáculo en las calvas del monte que impiden sus progresos y localizan el incendio. Si, pues, las iniciativas no han de perderse sin que dejen tras sí largo surco de resultados prácticos, será preciso poner en contacto esos intereses dispersos para que, al conocerse, se asocien, y, al asociarse, se organicen, y, organizados, emprendan la labor fecunda que sólo por su esfuerzo enérgico y consciente puede alcanzar al fin realización cumplida.

Y este ha de ser el principal papel del Estado en la materia. Tratándose de avivar el espíritu de asociación, ¿dónde encontrar un punto de apoyo más sólido que en esa asociación permanente, representante de los vivos y de los muertos, y sagrado depositario de los derechos del porvenir? Pero, por otra parte, organizado el Estado principalmente para la defensa social, producto complejo de causas variadísimas, difícilmente podrá encontrarse en él el órgano adecuado para funciones que no han sido tenidas en cuenta en el curso de su constitución. Pídase al Estado que inicie el movimiento, que supla accidentalmente lo que la acción social no alcance todavía, pero que no pretenda dar á estas funciones carácter permanente, sino que aspire, por el contrario, á crear un organismo robusto en quien poder descargar el peso de esta labor.

La necesidad de esa organización es innegable. No es el mejor aprovechamiento de las aguas problema que pueda ser adecuadamente resuelto por los agricultores aislados. El cultivo de secano, que no utiliza más aguas que la de lluvia, es un cultivo esencialmente individualista. Cada cultivador en su campo dirige sus labores como mejor le place, y de ello, en la mayoría de los casos, no puede resultar perjuicio alguno á tercero; pero en el cultivo de regadío, á menos de tratarse de extensión limitada en las márgenes de los ríos ó cuando se eleva el agua de una capa subterránea, el caso es muy distinto. Cuando la extensión regada es de importancia, la tierra no pertenecerá ya en totalidad á un solo propietario, y el disfrute del agua dará lugar á cuestiones difíciles y enojosas, si no se encuentra regulada por minuciosos y severos reglamentos ó por la autoridad no discutida de instituciones especiales, que no pueden sacar su prestigio sino de su conducta irreprochable, y, aun tanto como de ella, de seculares costumbres nacidas al calor de los comunes intereses.

La obra será, pues, esencialmente colectiva, y si este común acuerdo es indispensable, aun después de vencidas las dificultades iniciales, ¿cuánto más no lo será en sus principios, cuando se trate de establecer un orden de cosas completamente nuevo? ¿Cómo dejar abandonados al azar la creación y el desenvolvimiento de tan complicadas empresas? Tanto valdría como entregarlas á la ruina.

Pero esa organización, tan necesaria, no se formaría espontáneamente sino después de numerosos tanteos, y aun sería de temer que el resultado de labor tan lenta no llegara á estar nunca de acuerdo con las necesidades del momento, á fuerza de estar formado bajo el influjo de necesidades pasadas. De aquí la conveniencia de la intervención del Estado para que provoque y acelere la



asociación de todos los intereses, forzándolos á organizarse en vista de una acción común.

Lo primero que hay que procurar, al organizar estos intereses, es la conservación de las unidades naturales, que, cuando de aguas se trata, no pueden ser otras sino las grandes cuencas hidrográficas. Nada pueden tener de común, por ejemplo, las húmedas vertientes cantábricas con los sedientos terrenos de la región levantina; los campos aragoneses y catalanes, regados por el Ebro y sus afluentes, y las ardientes tierras andaluzas que vierten sus aguas al Guadalquivir. Á unos y otros sólo podrían aplicarse ciertos reglamentos de salubridad y policía y determinados principios generales de organización, y aun en ellos convendría dejar cabida á las diferencias que el clima, las costumbres y hasta el carácter local aconsejarían introducir en cada caso. Llevar más lejos la centralización, sería establecer el predominio de determinadas comarcas ó adoptar términos medios puramente ficticios, que no tendrían en ninguna aplicación adecuada.

Dentro de cada cuenca, la división deberá obedecer á idéntico criterio, creando un suborganismo para cada uno de los principales afluentes y llegando por nuevas subdivisiones hasta los organismos más sencillos, que podrían encerrar su actividad dentro de los límites de los Municipios. Será preciso, sin embargo, para evitar rivalidades dañosas, originadas por la oposición de intereses, que nunca pertenecieran á distinta subdivisión las dos márgenes de una misma corriente, fusionándose, en estos casos, los dos organismos correspondientes, ó adoptando, de común acuerdo para este efecto, una línea divisoria distinta del río.

Cada uno de estos organismos no debe tener un carácter puramente consultivo ó representativo, sino que debe tomar directamente á su cargo la gestión de sus



intereses hidráulicos, para lo cual deberá dotársele de recursos suficientes. Los de inferior categoría podrían estar constituídos por los propietarios ribereños y dueños de terrenos pantanosos, con representación de los Ayuntamientos, Cámaras oficiales y Asociaciones obreras y de todos los que quisieran inscribirse mediante cuotas voluntarias, cuyo límite mínimo podría determinarse en los respectivos reglamentos. Estas cuotas, los arbitrios que pudieran recaer sobre las propiedades primero enumeradas y las subvenciones municipales que, en casos especiales, podrían ser obligatorias, serían los recursos de que podrían disponer para las obras y trabajos de carácter local, salvo una cierta fracción con que podrían contribuir á los gastos de los organismos inmediatamente superiores.

Podrían estar formados éstos por representaciones de los inferiores y de los centros provinciales, obteniendo sus recursos de las citadas cuotas, de los donativos voluntarios, de las subvenciones de las Diputaciones y de las que á su vez obtuvieran de la Junta superior de la cuenca.

Esta Junta, en la que estarían representados todos los intereses, y que podría ser presidida por un Delegado del Gobierno, debería ser dotada por éste con un cierto tanto por ciento del importe de la contribución territorial de la cuenca, que, aplicado á suprimir daños y á aumentar la producción de su extensa zona, compensaría ampliamente al Estado del sacrificio hecho.

Finalmente, el poder central podría reservarse la reglamentación general, la organización del personal técnico y la aprobación de los proyectos y la superior inspección sobre los trabajos de las Juntas, que deberían dar cuenta de ellos periódicamente, y esperar, en determinadas cuestiones, durante un cierto plazo, que

los reglamentos previamente señalasen, el veto de la Superioridad.

Claro que esto no es más que un imperfecto bosquejo, única cosa posible dentro de los límites de un trabajo de la índole del presente, pero suficiente á dar idea, siquiera sea somera, de las líneas generales de la organización. Con ellas bastan para comprender que organismos de tal modo formados y dotados, tendrían en sí elementos suficientes y estímulos bastantes para llevar á cabo todas las transformaciones necesarias.

Abiertos á todas las iniciativas, ninguna deberá quedar desconocida ni olvidada si responde á las exigencias de la realidad; vecinos de las necesidades, nadie como ellos podrá conocerlas y valorarlas y dar inversión acertada á los recursos disponibles, cuya administración se les confía; moviéndose con holgura dentro de reglamentos generales que les impusieran obligaciones precisas y responsabilidades definidas, ni tropezarían con las trabas de una tramitación interminable, ni se separarían de su objetivo natural por mal reprimidas pasiones ó por ingerencias extrañas.

Ciertamente que los mejores propósitos y las más previsoras combinaciones se estrellan á menudo contra las impurezas de la realidad; pero para evitarlo en este caso, allí deberán estar las Delegaciones del Gobierno, que velen por el cumplimiento de los reglamentos establecidos é impidan sus contravenciones; y si todo esto era ineficaz, y si ni aun así era posible sacar á aquellos organismos de su extravío ó de su apatía, pocas esperanzas podrían quedar de que por cualquier otro procedimiento se hubiera de conseguir tampoco resultado práctico ninguno. Los pueblos que carecen de energías para reaccionar contra sus propios males, en vano esperan el remedio de la protección extraña: son como cuerpos moribundos donde la fuerza vital se



extingue, sin que puedan ya impedirlo los tratamientos más enérgicos de los más hábiles doctores.

Conocido el organismo, veamos cómo habría de funcionar. Desde luego, afecto á cada cuenca debería existir el Centro técnico correspondiente, análogo á las actuales divisiones de trabajos hidráulicos, pero con servicios permanentes de estudios, de estadística y de propaganda, único modo de que su trabajo fuera útil y práctico. Habría de cuidarse también de organizar la policía de los cauces, impidiendo abusivos aprovechamientos ó prácticas dañosas, para lo cual sería indispensable la creación de una guardería especial, no muy numerosa, pero bien remunerada é investida del necesario prestigio.

Á esta labor de conservación y de estudio debería agregarse otra más activa en favor de las obras transformadoras de la cuenca. De ellas, algunas deberían tener carácter preferente, y en ciertos casos hasta obligatorio, como las que tienen por objeto hacer desaparecer las causas de insalubridad de determinadas regiones ó la defensa contra las inundaciones. Al efecto, deberán formarse los planes generales, y dentro de cada año dedicar á este objeto una cierta parte de los recursos disponibles.

Habrá que provocar al mismo tiempo la construcción de aquellas otras obras más directamente reproductivas, pero de modo que el impulso no sea ni prematuro ni deficiente, sin cuyas condiciones correría peligro de ser malogrado. Para asegurarse de ellas, un criterio general deberá dominar al emprender estas obras, y es que sean costeadas y administradas, á ser posible, por los mismos que han de obtener de ellas el principal provecho. No sería ni justo ni conveniente enriquecer á unos cuantos con el dinero de todos, ni exponer los capitales, que se reservan para empresas útiles, á ser



consumidos en pura pérdida, desdeñado su concurso por la indiferencia y por la desidia.

Cada obra debería, pues, quedar á cargo del organismo inferior, en cuya jurisdicción radique, y hasta podría convenir la creación en cada caso de Juntas ó Sindicatos especiales. Los superiores deberían prestar sus auxilios, siempre con carácter reintegrable, en plazo más ó menos largo, ya por medio de un canon ó en cualquier otra forma equivalente, con lo que, siendo los recursos cada vez más numerosos, la obra de transformación proseguiría en seguro y constante progreso.

En lo que sí deben ser siempre pródigos es en desembarazar el camino de toda clase de obstáculos, para que no sea preciso vencer más dificultades que las naturales de la empresa, sin que vengan á sumarse á ellas las que pudieran oponer la indiferencia ó la malicia de los hombres. Conseguido esto, las obras podrían desarrollarse ya sin apresuramientos peligrosos, pero también sin desmayos ni vacilaciones.



CAPÍTULO IV

Los riegos en España.

Orografía y geología.—Vientos y lluvias.—Inundaciones y sequías.—Secanos y regadíos.—El territorio inculto.—Causas de esterilidad.—La política hidráulica.—Lo que puede esperarse.—El libro de Jean Brunhes.

Considerada en su conjunto, se encuentra España constituída por una elevada meseta de más de 500 metros de altitud, surcada por cinco depresiones principales, correspondientes á los valles de otros tantos ríos. De formación arcáica y primaria, datando, por consiguiente, su existencia de las primeras edades del globo, el trabajo ultrasecular de erosión, atenuando los relieves, hubo casi de convertirla en una inmensa llanura, donde las rocas más duras eran las únicas en destacarse.

Cuando los grandes reptiles de la época secundaria eran los dueños del mundo, la meseta continuaba aún dominando los mares, que no han dejado sino escasos vestigios fuera de la periferia, y cuando más tarde, en el terciario, empezaron los mamíferos á extenderse sobre la tierra, grandes formaciones, de origen lacustre, vinieron á llenar las depresiones centrales.

Á fines de este período, cuando el levantamiento de los Alpes coincidía con la aparición del hombre ó la precedía con no excesiva anticipación, otros movimientos de la corteza terrestre, en probable concordancia con aquél, determinaron los repliegues que constituyen

hoy los Pirineos y la cordillera Bética que por el Norte y por el Sur bordean la meseta.

Otras tres grandes cordilleras, de dirección próximamente paralela á la de las dos citadas, acaban de determinar las cuatro depresiones por cuyo fondo discurren los cuatro principales ríos que vierten sus aguas al Atlántico. Esas cordilleras son la Carpeto-Vetónica, á la que corresponden las sierras de Gredos y de Guadarrama; la Oretana, que comprende los montes de Toledo, y la Mariánica, ordinariamente conocida con el nombre de Sierra Morena. Los ríos son respectivamente, y de Norte á Sur, el Duero, el Tajo, el Guadiana y el Guadalquivir.

La quinta gran depresión del suelo hispano es la que reune sus aguas en el Ebro, para verterlas en el Mediterráneo, y se encuentra comprendida entre los Pirineos, al Norte, y hacia el Sur y Oeste la cordillera Celtibérica, que, uniéndose con la cadena cantábrica, prolongación de los Pirineos, en Peña Labra, provincia de Santander, y encontrando en el Moncayo á la Carpeto-Vetónica, se continúa después por los Montes Universales y Sierra de Javalambre, hasta perderse en la costa en el reino de Valencia.

Tal es en sus rasgos más característicos el relieve de la Península. Para formar alguna idea de su altitud media, baste saber que sólo el 30 por 100 de la superficie total queda por debajo de 500 metros, que el 55 excede de esa cifra, sin llegar á 1.000, y que de 1.000 pasa el 15 restante, llegando á exceder de 3.000 metros algunos picos de Sierra Nevada y de la cordillera Pirenáica.

El clima de la Península se encuentra naturalmente influenciado por su constitución orográfica. Esa elevada meseta, colocada por su altitud en regiones de atmósfera menos densa que la de las tierras bajas, y ale-



jada, especialmente en su centro, de los dos mares que bañan nuestras costas, está por ambas razones más expuesta que el resto á las variaciones anuales de temperatura, de las que ni el aire ni la humedad la defienden suficientemente.

Síguese de aquí que, durante los fríos del invierno, el aire de la meseta se halla á menor temperatura que el de la costa, y tiende á descender. En su descenso llega

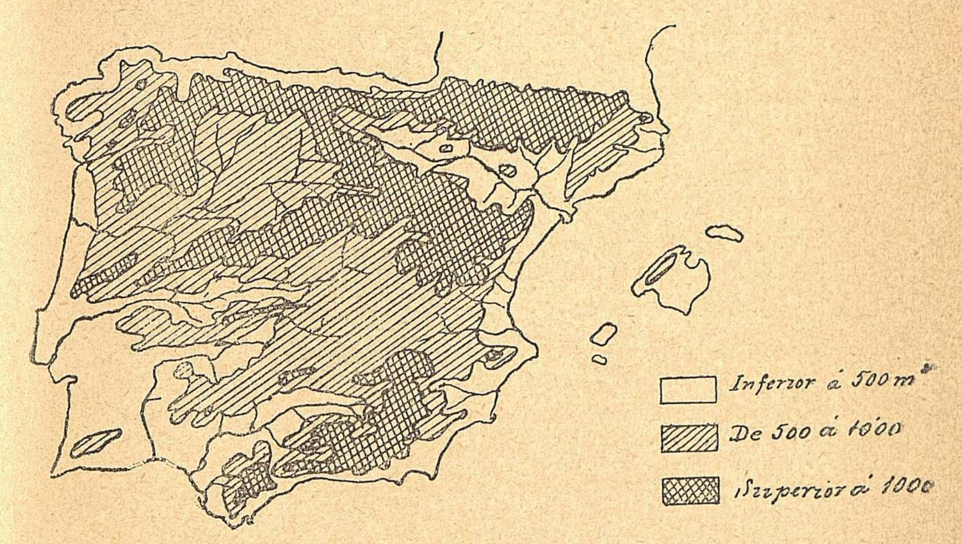


Figura 17.—Hipsometría de España.

á regiones más cálidas y húmedas, de las que precipita la humedad bajo forma de lluvia ó de nieve. En esta época la evaporación es débil en ambos mares, pero del lado del Atlántico los vientos predominantes del Sudoeste, procedentes de regiones más cálidas, llegan cargados de vapor de agua, que abandonan al chocar contra el macizo ibérico, descargándole en las proximidades de la costa occidental ó penetrando algo más al interior, para precipitarlo sobre las elevadas cimas de las cordilleras principales. En cambio, del lado del



Mediterráneo no se producen sino precipitaciones mucho más débiles y que disminuyen rápidamente con el alejamiento de la costa. En resumen, las lluvias de invierno, más abundantes en la costa, van disminuyendo progresivamente hacia el centro de la Península, para volver á acentuarse sobre los grandes macizos montañosos. Sólo hace excepción la parte más meridional de la cadena Celtibérica, donde la influencia del Atlántico no se deja ya sentir, mientras que la del Mediterráneo no llega sino excesivamente atenuada.

Durante el verano, por el contrario, caldeado el aire de la meseta, tiende á subir, y el movimiento se establece de la periferia al centro. Entonces la evaporación es más activa, tanto en el Atlántico como en el Mediterráneo; pero como el aire del mar va en su movimiento alcanzando regiones cada vez más cálidas, lejos de precipitar, tiende más bien á apoderarse del resto de humedad que el continente conserva de las lluvias invernales. Exceptúanse, sin embargo, de esta regla general las elevadas cimas de las Sierras Nevada y de Guadarrama y de la cordillera Pirenáica, donde la mayor persistencia de la nieve, que en algunos sitios llega á ser perpetua, contribuye á mitigar los ardores de la temperatura y las escarpadas vertientes cantábricas, que obligando á los vapores á subir rápidamente en la atmósfera con la natural dilatación y el consiguiente enfriamiento, los hacen condensarse bajo forma de lluvia. Fuera de estos casos, la lluvia no se producirá sino bajo la influencia de causas locales.

Estos hechos generales, en parte modificados por la marcha de las grandes perturbaciones atmosféricas, ó por la influencia de causas pasajeras ó circunscriptas á reducidas extensiones del territorio, determinan, sobre las distintas regiones de la Península, precipitaciones anuales de importancia muy varia. Excede la al-



tura anual de lluvia de 1.000 milímetros en una gran parte de Galicia y Norte de Portugal, de la Coruña á Coimbra, y en casi toda la extensión del Pirineo de Cabo de Creus á Bilbao. Entre estas dos zonas se extiende otra de altura comprendida entre 800 y 1.000 milímetros, que abarca toda la región Cantábrica y que penetra hacia el Sur por el Nordeste de Portugal,

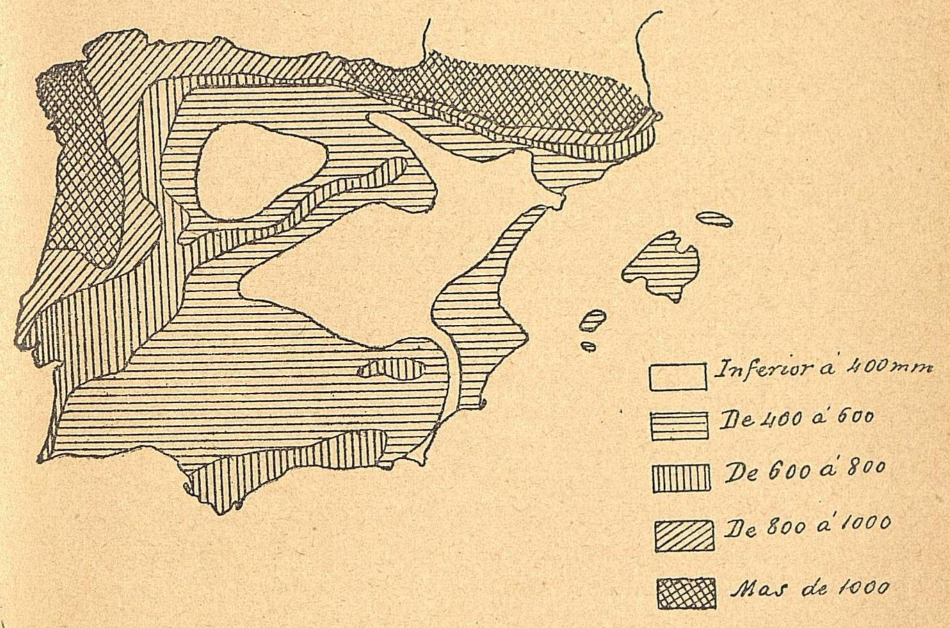


Figura 18.—Repartición de la lluvia en la Península.

perdiéndose en el mar en las proximidades de Lisboa, mientras que del lado del Pirineo se extiende bordeando este macizo montañoso para terminar en el Mediterráneo. Al Sur de la línea que limita esta zona, las precipitaciones atmosféricas son ya notablemente inferiores, pero todavía exceden de 600 milímetros en una extensa zona, que, plegándose á las anteriores, corren del Cabo de Creus al Cabo de San Vicente, destacándose de ella



una más estrecha ramificación que corresponde precisamente á la cordillera Carpeto-Vetónica. Al Norte de esta cordillera, y entre ella y la Cantábrica, la lluvia decrece considerablemente en la gran meseta de Castilla la Vieja, quedando por bajo de 400 milímetros en una gran parte de las provincias de Palencia, León, Zamora, Valladolid y Salamanca, y no llegando ni á 300 en muchos puntos de las mismas. Al Sur de la cordillera Carpeto-Vetónica, la lluvia decrece igualmente, pero suele mantenerse por encima de 500 milímetros en gran parte del valle del Guadiana y en casi todo el del Guadalquivir. Más al Sur todavía la cantidad de lluvia vuelve á crecer bajo la influencia de los macizos de la Sierra Nevada y de la Serranía de Ronda, manteniéndose de ordinario por encima de 600 milímetros en las provincias de Cádiz, Málaga y Granada, y excediendo también de este límite en un pequeño islote constituído por las Sierras de Segura y Cazorla. En el resto de la vertiente mediterránea, y aun en la parte alta de las cuencas del Guadiana y del Tajo, la altura desciende, por el contrario, hasta quedar inferior á 400 milímetros, cifra sólo excedida en las proximidades de la costa.

Si sólo se atendiera á estas cifras, no habría por qué preocuparse demasiado de la escasez de agua en nuestra Península, pues la mayor parte de ella recibe suficiente lluvia para que, debidamente repartida, no faltara en ningún tiempo la humedad necesaria para los cultivos usuales. No ocurre así, sin embargo. Si se exceptúa la zona del Norte y del Oeste, donde las precipitaciones atmosféricas alcanzan alturas de más de 800 milímetros, y la regularidad del fenómeno es comparable con la de los demás países de la Europa occidental, en el resto de España la lluvia presenta irregularidades más ó menos marcadas, y especialmente



notables en la región oriental de lluvia mínima que se extiende desde Tortosa á Almería, y que penetra tierra adentro hasta Logroño y Toledo.

Prodúcese aquí la lluvia obedeciendo á los cambios bruscos de presión y de temperatura, resultantes de la inversión completa de las corrientes aéreas á consecuencia de las diferencias de radiación solar que recibe la meseta; y tan intenso es á veces el fenómeno, que ocurre en ocasiones llover en un día el doble próximamente que en el resto del año, como ocurrió en Alicante en 1882. Estas lluvias excepcionales, no pudiendo ser desaguadas con la rapidez necesaria, producen esas terribles inundaciones que han asolado más de una vez á la región levantina, y que el esfuerzo del hombre empieza ya á dominar. Y fácilmente se comprende que, si la ya escasa altura de las precipitaciones atmosféricas se gasta de ese modo en lluvias torrenciales, el número de éstas ha de ser muy limitado y considerable el de los días claros, en los que el agua es presa de la evaporación. Así es que las sequías son tan frecuentes y temibles como las inundaciones.

De unos y otros desastres presenta larga lista el Sr. Bentabol en su ya citada obra *Las aguas de España y Portugal*. Sin necesidad de mencionarlos todos, bastará recordar algunos de los más recientes para que se forme idea de la extrema irregularidad del fenómeno. De 1847 á 1850, una pertinaz sequía asoló el litoral del Mediterráneo y las Baleares, sin que en este tiempo cayera en Murcia ni una sola gota de agua. De 1875 á 1879, reinó también en Valencia una sequía continuada, la mayor que recuerdan aquellos huertanos, que la conocen con el nombre de *la seca de los cuatro años*. En cambio, el invierno de 1879 á 1880 fué extraordinariamente lluvioso en Zamora y en Sevilla, produciéndose inundaciones en Almería y en Murcia,



el 14 de Octubre, la gran inundación, en que perdieron la vida 178 personas y 13.769 animales, fueron arruinadas más de 5.000 entre casas y chozas, y se ocasionaron pérdidas valoradas en unos 8.000.000 de pesetas. Y más recientes son aún la gran inundación de Almería, ocurrida en 11 de Septiembre de 1891, y la de Consuegra, acaecida el mismo año, en la que hallaron la muerte más de 900 personas y destruyéronse 700 edificios, con pérdida de multitud de animales y efectos.

Como consecuencia natural de tales hechos, el clima de las regiones que nos ocupan es predominantemente seco; y cuando no se cuenta con el auxiliar poderoso de los riegos, hasta los cultivos menos exigentes arrastran una vida mezquina, entregados á la insegura veleidad de los elementos. Por eso es, precisamente en ese litoral mediterráneo, en el que la irregularidad llega al límite, donde los riegos, condición allí indispensable de bienestar y de vida, han alcanzado mayor desarrollo que en ninguna otra región de la Península, encontrándose allí los relativamente modernos de la cuenca del Ebro y los regadíos más antiguos de los reinos de Valencia, de Murcia y de Granada.

Pero con ser los más importantes, no son éstos los únicos centros de riego de España. En mayor ó menor proporción no hay provincia española donde no se haya recurrido á este notable elemento de fecundidad, sin exceptuar ni la región gallega y asturiana, donde la elevada altura de las precipitaciones atmosféricas pudiera hacer parecer innecesario su concurso. De los datos aportados por la Junta Consultiva Agronómica en la Memoria que sobre *El regadío en España* publicó en 1904, se deduce, en efecto, que el 28 por 1.000 de la extensión total de aquella región es terreno regable, mientras que la proporción media de España es el 24 solamente. En Santander y las Vascongadas, sin embargo, el re-



gadío es insignificante, pues no alcanza apenas sino al medio por mil del territorio, y aun ese lo forman casi exclusivamente los prados montañeses de riego eventual. La proporción oscila entre el 8 y el 14 por 1.000 en ambas Castillas, León, Extremadura y Andalucía occidental (antiguos reinos de Sevilla, Córdoba y Jaén), Baleares y Canarias; llega al 37 en Aragón y Navarra; al 59, en Cataluña, y sube en Valencia y en Murcia al 74, para bajar de nuevo al 51 en el antiguo reino de Granada.

En valor absoluto, la extensión de los regadíos actuales es de 1.231.094 hectáreas, de las que 828.345 corresponden á la vertiente mediterránea; pero de aquella cifra, 339.616 hectáreas sólo pueden regarse eventualmente. Ese 1.200.000 hectáreas representa el 6 por 100 de la total superficie cultivada, que se calcula en hectáreas 20.000.000, y es á su vez sólo las dos quintas partes del territorio nacional (50.000.000 de hectáreas). Si del 60 por 100 restante se deducen 5.000.000 de hectáreas, á que se calcula que aproximadamente asciende la superficie poblada de monte, resulta que la mitad del territorio español no da otro producto que algunos escasos pastos, apenas suficientes para la alimentación de una ganadería escasa y desmedrada.

Cuando se recuerda que la proporción de terreno inculto es sólo de 28 por 100 en la Gran Bretaña, de 19 en Italia y de 9 en Francia, no puede menos de sentirse cierta tristeza al pensar en ese 50 por 100 de improductivos terrenos españoles. Porque no hay que culpar sólo á la con razón criticada, pero á menudo exagerada en exceso, indolencia nacional, ni al espíritu soñador y aventurero que nos hace correr como á D. Quijote en pos de soñadas y quiméricas empresas, abandonando el cuidado de la propia hacienda, ó como á Sancho tras las pingües ventajas de la malhadada ínsula, donde ni



había de ver satisfecho su voraz apetito ante la importuna varita del importuno Pedro Recio.

Es que la Naturaleza ha puesto también aquí á la actividad del hombre obstáculos casi insuperables, ante los cuales es á menudo impotente la iniciativa individual, y que no pueden ceder sino parcial y lentamente ante la acción colectiva. Los bruscos cambios de temperatura, lo quebrado del suelo, la abundancia del yeso y de la sal en una gran parte de las tierras topográficamente aptas para el cultivo, el débil espesor de la capa laborable en los extensos terrenos de primitiva formación, la ausencia de la tierra misma en muchas de nuestras peladas sierras, y, sobre todo, la escasez del agua, sin cuyo poderoso auxilio las mejoras más hábilmente combinadas y el trabajo más perseverante y asiduo pueden resultar inútiles y ruinosos, motivos son suficientes para rendir á un pueblo fuerte y vigoroso, pero empeñado en lucha titánica y estéril, sin fruto y sin esperanza.

¿Cómo extrañar, pues, que ansioso de ideal y descontento del menguado patrimonio que apenas si permitía «una olla de poco más vaca que carnero», se lanzase á aventuras tan heroicas como temerarias, deslumbrando al mundo durante un siglo con su imponente y glorioso despertar? Y ¿cómo asombrarse de que idealizando en su locura aquella misma pobre tierra, que con pesar abandonaba, la colmase en su imaginación de riqueza y perfecciones, suponiéndola asiento de una fertilidad inagotable y que, convirtiéndola en sin igual Dulcinea, pusiera en ella sus platónicos amores, empeñado en cerrar los ojos ante la zafia y displicente Aldonza Lorenzo?

Ante los golpes de la adversa fortuna fuimos perdiendo los menguados restos de pasadas grandezas, y cuando, con el desaliento en el alma, volvimos los ojos al abandonado solar patrio, la leyenda de su feracidad



prodigiosa cayó también ante la demoledora piqueta del estudio científico y de la comprobación experimental.

No han bastado, sin embargo, tan crueles desengaños para destruir las energías del alma española, y aún queda ancho campo á su actividad para la conquista de un porvenir grande y venturoso, con tal que, adquiriendo el difícil sentido de la medida, se aplique ante todo á restaurar las quebrantadas fuerzas naturales.

Ya á raíz de los últimos desastres una corriente de opinión se inició, en el sentido de dominar las aguas que, inútiles y aun perjudiciales, discurrían por nuestro suelo, para ponerlas al servicio de la Agricultura. «Política hidráulica» denominó el ilustre pensador D. Joaquín Costa á esa orientación salvadora, y, alrededor de esa bandera, fuerzas importantes y numerosas se han ido agrupando. Poco más tarde, en Abril de 1899, *El Imparcial* empezó también una insistente campaña en favor de las mismas ideas, con la colaboración del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, que celebraba el centenario de su creación, ofreciendo á la patria el avance de un plan general de pantanos y canales de riego.

Al año siguiente, la entrada en el Ministerio de Agricultura del Sr. Gasset, campeón decidido de la política hidráulica, se señaló por los trabajos preliminares para la formación del definitivo plan de obras, que tal como ha sido elevado á la superioridad por la Inspección central de trabajos hidráulicos, comprende 6.120 kilómetros de canales, con un caudal total de 734.000 litros por segundo, y 222 pantanos, que suman un embalse de 3.861 millones de metros cúbicos. Con este agua podría extenderse el regadío á 1.183.000 hectáreas y utilizarse una potencia mecánica de 74.000 caballos, procurada por los saltos aprovechables. El coste de las obras se presupone en 412.000.000 de pesetas,



correspondiendo por término medio á cada hectárea 348 pesetas.

Si, preocupado por la sequedad de nuestro clima, alguien considerara exageradas las cifras precedentes y desconfiase de la posibilidad de que llegase á ser regada una nueva extensión del territorio igual próximamente á la que en la actualidad recibe este beneficio, un sencillo cálculo puede bastar para sacarle de su error.

Si se supone que sólo la tercera parte de la lluvia va á engrosar el caudal de las corrientes naturales, de donde los canales pudieran derivarla ó tomarla los pantanos; si se admite, además, que el riego de un terreno exigiera anualmente una lámina de agua de un metro de espesor (lo que es un máximo exagerado, pues con la mitad habrá ordinariamente bastante, aun para cultivos de ciertas exigencias), y si se hacen subir, por último, hasta el 20 por 100 de la cantidad total las pérdidas que por evaporación ó filtraciones pudieran producirse en los canales y pantanos, de cada 100 milímetros de lluvia podrán tomarse en el río 33,3, se perderán hasta el lugar de empleo 6,6 y podrán aprovecharse 26,7; mas como hemos hecho la hipótesis de que la altura anual del riego ha de alcanzar á 1.000 milímetros, resultará que con aquella lluvia sólo podrá regarse el 26,7 por 1.000 de los terrenos de la cuenca.

Esto sentado, si prescindimos de las regiones del Norte y del Oeste de clima europeo, y nos limitamos á considerar la España árida, encontramos en números redondos que sus 400.000 kilómetros cuadrados pueden clasificarse de este modo: 130.000 en los que la lluvia no alcanza á 400 milímetros anuales, 200.000 en que oscila entre 400 y 600, y 70.000 en que la altura queda comprendida entre 600 y 800. Pues bien, suponiendo que en las regiones más secas la lluvia no sea



más que de 200 milímetros, cifra inferior á las medias observadas, y tomando para las demás como altura verdadera el menor de los dos límites que han de comprenderla, se encontraría que el total de la zona regable con el agua de que se puede disponer sería la deducida del siguiente cuadro:

EXTENSIÓN de las cuencas. — *Kilóm.²*	ALTURA de la lluvia. — *Milímetros.*	PROPORCIÓN del terreno regable.	EXTENSIÓN posible del regadío. — *Hectáreas.*
130.000	200	0,0534	715.560
200.000	400	0,1068	2.136.000
70.000	600	0,1602	1.121.400
TOTAL............			3.972 960

Deducidas de ese total el 1.231.094 de hectáreas regadas, quedaría un aumento posible de 2.741.866, más de *dos veces y cuarto* de la extensión propuesta; y téngase en cuenta lo desfavorable de las hipótesis admitidas para el cálculo. No peca, pues, de exagerado el plan propuesto, y antes, por el contrario, se ha dado prueba en él de una prudencia digna de todo elogio, que hay que esperar ver desplegada igualmente en el estudio particular de las distintas obras.

Pero si en estos asuntos es forzoso contener el vuelo de la fantasía, dentro de los límites, bien amplios, sin embargo, de la realidad, tampoco es justo ni conveniente entregarse en brazos de negras desesperanzas ó abandonarse, desconfiando del propio esfuerzo, á la rutina y á la inacción.

Para los poco entusiastas y para los amigos vacilantes de esa salvadora política, debió ser de efecto al-

gún tanto deprimente la publicación por el profesor de Geografía de la Universidad de Friburgo, Jean Brunhes, de su notable libro *L'Irrigation,* del que dió noticia la prensa española, comentando algunas de sus apreciaciones relativas al problema hidráulico nacional, apreciaciones que han sido muy traídas y llevadas por los enemigos de pantanos y de canales.

Ante todo, sepamos quién es ese Sr. Brunhes, á quien quizá no conocieran antes de publicar su libro muchos de sus hoy devotos admiradores, y cuál es el carácter de la obra en que consigna sus comentadas opiniones. Nada menos que eminencia universalmente reconocida y autoridad indiscutible en materias hidráulicas lo reputa el Sr. Armenteras, quien le considera enemigo decidido de los pantanos en España, y, sin embargo, nuestro D. Juan no es sino un excelente geógrafo, autor de varios recomendables estudios sobre la rama de los conocimientos humanos, á que dedica sus lecciones en la Universidad de Friburgo; y su objeto al tratar de los riegos de España y del Norte de África es, como expresamente declara al pie de la página 5 de la Introducción de su libro, hacer un estudio, «no técnico, no económico, no estadístico, sino *geográfico*».

Desde la misma portada define el carácter de su trabajo, al que califica de *Estudio de geografía humana,* entendiendo por tal el de las distintas formas de la actividad del hombre y de las instituciones sociales que de ellas derivan, en su relación con las circunstancias geográficas que las rodean; y para precisar el alcance de las conclusiones á que llega, se expresa así en la página 2: «No se trata aquí de un determinismo absoluto, sino de una concordancia general entre determinados hechos de geografía física y determinados hechos de geografía humana.»

Y que ello ha de ser así es de todo punto evidente.



No es el hombre un sér completamente pasivo, sobre el cual ejerzan influencia ineludible todas y cada una de las circunstancias ambientes, sino que, reaccionando sobre el medio, lo modifica en su provecho, sin que sea dable determinar *a priori* el límite preciso que separa las modificaciones posibles, de las que por completo se encuentran fuera del alcance de las fuerzas humanas.

Este límite, esencialmente variable con las energías de las razas y con los progresos de las ciencias, va retrocediendo constantemente ante la invasora actividad del hombre; y la geografía, por lo tanto, al recoger el hecho actual no puede prejuzgar de las posibilidades futuras. ¿Acaso el canal de Suez no ha modificado revolucionariamente hechos humanos, tan relacionados con el factor geográfico, como la organización de los transportes? ¿Qué hubieran podido escribir Estrabón ó Ptolomeo después de un viaje á la Península, aportando datos para unos estudios de geografía humana?

No siempre se muestra, sin embargo, Brunhes, en la apariencia al menos, consecuente observador de sus prudentes reservas, y esos pasajes, en los que llega quizá la expresión algo más lejos que el pensamiento, son los que pretenden explotar los, al parecer, interesados en exagerar sus opiniones. Dice, en efecto, en la página 141: «Cuando el caudal natural de las aguas explotadas es tan irregular como lo es en España, el hombre debe desesperar de vencer *completamente* esta irregularidad. De hecho, cuando ha procurado, por medio de pantanos, transformar el caudal perpetuamente cambiante en un gasto regular, no ha podido llegar á garantizarse eficazmente contra los períodos de sequía. Aceptar el hecho de la sequía y preverla y tomar las precisas medidas necesarias en vista de esta eventualidad (como en Valencia), vale más *de ordinario*



(le plus souvent) que querer resolver y suprimir la dificultad por una gran obra de fábrica (como en Lorca).»

Aunque mucho atenúan la fuerza de la afirmación ese *completamente* y ese *de ordinario*, sobradamente significativos, y que hemos subrayado por eso, todavía la opinión general que en ese párrafo domina nos parece el resultado inconsistente de una generalización prematura. Cuando más atrás (página 95 y siguientes), al tratar de los riegos de Elche y de Lorca, estudia el resultado conseguido con la construcción de pantanos, hace ver cómo el régimen de subastas, establecido allí para la venta del agua, reduce considerablemente las ventajas que de la construcción de las obras se hubieran podido esperar. En Lorca, especialmente, el antagonismo entre regantes y empresa y los derechos adquiridos por los antiguos usuarios, hacen que, mientras con las aguas abundantes el papel de la presa es casi nulo, en las sequías es la Sociedad explotadora la dueña de la situación, y, si las cosechas se salvan, no siempre libran al cultivador de la ruina. En resumen, que los regantes no obtienen sino escasos beneficios y la empresa no alcanza, en sus breves períodos de predominio, á encontrar remuneración adecuada para el desembolso hecho.

De este estado de cosas que, sin duda, se exagera un poco, porque si las cosechas se salvan y los cultivos se mejoran, ventajas positivas se obtienen, quien quiera que sea el que se lucre con ellas, deduce Brunhes la inconveniencia de los pantanos y la preferencia que según él debe concederse á rigurosas reglamentaciones del tipo de la de Valencia; pero muy otra parece que debía ser la conclusión. Si es la superposición de intereses antagónicos la que ha conducido á ese estado de anarquía hidráulica, natural sería proclamar la necesidad de armonizar unos y otros, manteniendo indisolu-



blemente unidos el cultivo de la tierra y el uso del agua, en vez de achacar todos los males á la construcción de una obra que pasivamente presencia la contienda, y que si es en cierto modo causa de la lucha, no puede serlo sino por los beneficios evidentes que puede reportar, y cuyo goce exclusivo los contendientes se disputan. Al no hacerlo así, Brunhes parece obsesionado por el afán de encontrar estrechas y sencillas relaciones entre las organizaciones humanas y las circunstancias geográficas, y olvida quizá un poco que, para generalizar en estas materias, no son tan de despreciar las consideraciones *estadísticas, económicas* y *técnicas*.

Pero quizá hemos extremado la crítica por interpretar demasiado textualmente el pensamiento del autor, pues en otro pasaje (página 142), después de aludir al movimiento de opinión que se producía en España al tiempo en que allegaba los datos para su estudio, añade: «Y ciertamente, no sólo sus tendencias prácticas en materia económica, sino aun las grandes líneas de su programa, son completamente dignas de aprobación.» Y para no dejar la menor duda respecto al programa á que se refiere, dice así al pie en una nota: «Hacemos, sobre todo, alusión aquí á la brillante campaña conducida por *El Imparcial*, y á los numerosos artículos publicados en este diario de Abril á Julio de 1899.» Ahora bien, todos recuerdan la gran importancia que en ellos se daba á los pantanos, que constituían una gran parte del avance de plan de obras publicado, el mismo que, con las variantes aconsejadas por el más detenido estudio de las diversas regiones, ha servido de base para la formación del plan definitivo.

Es verdad que inmediatamente después se pregunta: si no es «demasiado grande, ó por lo menos demasiado exclusiva», la parte que se reserva en todos estos planes á «obras técnicas enormes y costosas, pantanos y ca-



nales». Pero, aparte de que no da contestación categórica á esa interrogación vacilante que queda flotando vagamente en las indecisas regiones de la duda, todavía podrían notarse en ella ciertos prejuicios que conviene rectificar. Se habla en ella de obras técnicas enormes y costosas, y acabamos de ver que el presupuesto total de todas las propuestas asciende á poco más de 400 millones de pesetas; pues bien, se han gastado en la red construída de carreteras del Estado 1.000 millones y se calcula que pueda ascender á otros tantos el de las incluídas en los planes generales todavía sin construir: más de 4.300 millones de pesetas se han empleado en la construcción de nuestros ferrocarriles, de los cuales más de 750 han sido desembolsados por el Estado. Después de estos datos, ¿hay por qué exagerar el coste relativamente modesto de las obras hidráulicas?

El origen de ese error, bastante extendido, sin embargo, nace de que la comparación se establece entre el gasto relativamente exiguo que suponen algunas antiguas obras de riego y los desembolsos de mayor consideración que exigen las combinaciones más complejas de la moderna ingeniería. No siempre en tales casos se extiende la comparación á los resultados obtenidos; pero lo que principalmente se olvida al formular ese juicio son las condiciones distintas de tiempo y de lugar en que se encuentran los términos comparados.

Ocurre aquí, en efecto, un fenómeno análogo al puesto de relieve por Ricardo en sus estudios sobre la renta de la tierra. Los primeros ocupantes se apoderan, como es natural, de las tierras más fértiles, y de análogo modo los primeros riegos se establecen preferentemente en aquellas vegas de emplazamiento excepcional. Cuando la población crece tierras menos feraces, entran en cultivo, al mismo tiempo que aumenta el valor de las primeras cultivadas; y de idéntica manera al extender los



regadíos, agotados ya los emplazamientos más favorables, es preciso recurrir á aquellos que habían sido primero descuidados y que sirven ahora de término de comparación para juzgar de la habilidad y el golpe de vista de los primeros regantes.

Termina Brunhes la parte de su trabajo que se refiere á España con un párrafo en que se lee la siguiente observación: «Los que quieran servir los verdaderos intereses de España no deben nunca olvidar que las condiciones geográficas la condenan, en una parte de su superficie, á una *casi* irremediable pobreza agrícola: está en este sentido mal conformada (*mal façonnée*), y no se la podrá transformar completamente.» Bien podría ocultarse tras ese *casi* ese millón cumplido de hectáreas regables que apenas llegaría á constituir el dos y medio por ciento del territorio nacional; y si, como del final del párrafo parece desprenderse, intenta sólo con sus reservas contener la fantasía de los que «puerilmente pretendan» ó «quiméricamente deseen» que los centros españoles de regadío «pudieran ser *indefinidamente* desarrollados y multiplicados», no habría sino asentir por completo á su opinión; sólo que en España ni aquellas pretensiones ni aquellos deseos han sido compartidos nunca por los ardientes defensores de la política hidráulica.

Por eso podemos repetir, de completo acuerdo con él, las frases con que el párrafo termina: «El pueblo que ha pasado por maestro en el arte del riego, no abdicará la prudencia que ese arte exige y quedará fiel á los métodos experimentados, que han mantenido durante siglos, y á pesar de todos los cambios políticos, la prosperidad fecunda y pacífica de sus vegas y de sus huertas.»




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

CAPÍTULO V

Ojeada histórica.

Una frase de Jovellanos.—Los regadíos antiguos.—Romanos y árabes.—Los Reyes Católicos y el descubrimiento de América. La casa de Austria.—Expulsión de los moriscos.—La casa de Borbón y las obras públicas.—Guerra de la Independencia.—Fernando VII é Isabel II.—Conclusión.

Ya decía Jovellanos que no habría nación «que no estuviese llena de puertos, de canales y de caminos, y, por consiguiente, de abundancia y prosperidad si, adoptando un sistema pacífico, hubiese invertido en ellos los fondos malbaratados en proyectos de vanidad y destrucción» (1). Y ciertamente que á pocas naciones modernas se podría aplicar, como á España, la observación citada. La inmensa mayoría de nuestras vías de comunicación datan de apenas un siglo, y cuando queremos buscar el origen de nuestros renombrados, aunque escasos, regadíos que quizá sirvieron de modelo á los de la Lombardía y á los que vinieron los franceses á buscar enseñanzas para su colonización de la Argelia, nos es preciso remontarnos hasta los siglos XII y XIII, en los que las fértiles vegas de Valencia, de Murcia y de Granada no reconocían ya rival en Europa. Iniciados por los romanos, extendidos por los moros y con mejora conservados por los cristianos, los riegos eran entonces, y en los tiempos que de cerca les

(1) Informe sobre la ley Agraria.



siguieron, objeto preferente de las solicitudes del poder, y una iniciativa particular pujante y vigorosa llevaba á cabo, á sus exclusivas expensas, obras como la presa primitiva de Almansa, que hubo de terminarse el año 1384.

Alcanzada la unidad política bajo los Reyes Católicos, parecía que una era nueva de prosperidad y engrandecimiento en todos los órdenes iba á suceder á las calamidades y devastaciones de las guerras de la reconquista; pero dos acontecimientos de excepcional importancia vinieron á complicar la vida nacional española: el descubrimiento de América y el entronizamiento de la casa de Austria.

El primero, brindando con innúmeras y fáciles riquezas, atrajo hacia aquellas apartadas regiones á una gran parte de la juventud, mientras que otra, no escasa, iba, bajo la inspiración de la segunda, á derramar su sangre por Europa en guerras políticas y religiosas, que de ninguna utilidad podían sernos, y en las que iban á gastarse los cuantiosos tesoros que nos llegaban de América.

En medio de esta exagerada expansión de la raza española, de esta explosión verdadera, en los principios del período, todavía se intentaron algunas obras útiles, pues ya Carlos I concibió el proyecto de la construcción del canal que más tarde, por esta causa, se llamó Imperial, y aun en el reinado de Felipe II se construyeron obras tan importantes como los pantanos de Alicante y Elche, el recrecimiento de la presa de Almansa y los riegos de Aranjuez, y en el terreno legislativo se llevó á cabo el célebre apeo de Loaysa, en el que se recopilaron los antiguos usos de la vega de Granada. La mayor parte de aquellas obras fueron, sin embargo, costeadas por los particulares, mientras los recursos del Estado se derrochaban en la guerra ó en

fiestas reales y en monasterios fastuosos como el del Escorial, cuyo coste hace ascender Canga-Argüelles á la enorme suma de 360 millones de reales.

Como consecuencia de tan loca política, la economía nacional tenía necesariamente que resentirse, y, en efecto, decaía la agricultura y la industria languidecía visiblemente, impotente para mantener la competencia en el precio por la dificultad de las transacciones, las leyes suntuarias, la abundancia del oro y de la plata, que encarecía la mano de obra, la escasez de brazos y las crecientes exigencias del fisco; de suerte que, á la muerte de Felipe II, la nación marchaba ya á una rápida decadencia.

Y si durante los reinados de los dos primeros Austrias, en el apogeo de la gloria, no pudimos aprovechar las ventajas de nuestra posición en el mundo, ¿qué podía esperarse de sus degenerados sucesores? No siempre es fácil retroceder en el camino emprendido; pero el hacerlo, cuando es posible, exige ánimos más esforzados é inteligencias más claras que las de los dos últimos Felipes, del desventurado Carlos II y de los favoritos que reinaron en su nombre.

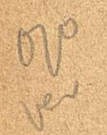
Lejos de reparar los pasados errores se los agravó con otros nuevos. Bajo Felipe III las guerras exteriores continuaron, y mientras, como hace observar Lafuente, se gastaban recursos de consideración para trasladar á España las reliquias de hasta 200 santos, se expulsaba del reino al laborioso pueblo morisco, que mantenía vivo aún el amor al trabajo y conservaba las tradiciones de cultivo que los moros les dejaron. En vano inteligencias más prudentes y previsoras protestaron contra medida tan descabellada, pues no consiguieron demorar su realización. El fanatismo más ciego y la más impudente codicia, unidos en estrecho maridaje, consumaron la estúpida iniquidad, asestando rudo gol-



pe al cultivo de nuestros campos, del que en mucho tiempo no podrían reponerse.

No son para citados aquí los trabajos sin cuento y las aflicciones sin número de los desterrados, ni de los que, exceptuados de la proscripción, fueron víctimas más tarde de las persecuciones inquisitoriales; pero no puedo menos de recordar aquel notable pasaje de la inmortal obra de Cervantes, en que el infeliz Ricote (nombre que encierra quizá una profunda significación), acompañado de cinco peregrinos alemanes, encuentra á Sancho cuando éste vuelve de su fracasado gobierno y le cuenta sus zozobras y temores y los de los suyos, y cómo se ha reunido con sus acompañantes, que tenían los santuarios de España *por sus Indias y por certísima granjería y conocida ganancia*. Bien claro se ve por aquel pasaje cómo mientras se expulsaba á los trabajadores se daba amplia hospitalidad y benévola acogida á holgazanes aventureros que al cabo salían de España *comidos y bebidos*, *como suele decirse*, *y con más de cien escudos de sobra*.

Después de aquella sangría nada se hizo para remediar los males que causaba. Nadie atendía á fomentar la riqueza patria, más mermada cada vez. Y esto cuando todas las demás naciones de Europa, aprovechándose de nuestros errores, habían sabido elevarse á nuestra costa, adelantándonos en cultura y en riqueza.



Nada pinta mejor el espíritu de la época y el abismo de ignorancia y decadencia en que había caído la nación *dominadora del mundo*, como la siguiente observación de D. Francisco Silvela en el *Bosquejo histórico que precede á las cartas de Sor María de Agreda á Felipe IV*: «Mientras Francia lleva á cabo la grande obra del canal de Languedoc y crea sus arsenales y sus industrias de encajes y tejidos y sus Compañías de las Indias, una Junta nombrada en España para el estudio de los cana-



les del Tajo y del Manzanares desaprobaba el proyecto, fundándose en que *si Dios hubiera deseado que ambos ríos fueran navegables*, *con sólo un* fiat *lo hubiese realizado*, *y sería atentatorio á los derechos de la Providencia mejorar lo que ella*, *por motivos inescrutables, había querido que quedase imperfecto*.»

Parecía que, cuando acabábamos de borrar los últimos vestigios de la dominación musulmana expulsando bárbaramente á los moriscos, éstos se vengaban dejándonos inoculado su proverbial fatalismo, así como antes, al contacto de nuestro suelo y de nuestra raza, habían sabido adquirir una confianza en el propio esfuerzo que les hiciera fundar la esplendorosa civilización cordobesa, brillante faro que guiara á la mentalidad europea en la tenebrosa noche de la ignorancia medioeval.

Lanzados nuestros hombres de acción á la gran aventura americana, arrojados los trabajadores de nuestro suelo y refugiada en los conventos una gran parte de la población, la nación, exhausta de fuerzas, hubiera quizá sucumbido á la muerte de Carlos II si las ambiciones europeas no se hubieran interpuesto, alejando por el momento el reparto de sus despojos. Nos salvamos al fin, y una nueva dinastía, también extranjera, entró á regir nuestros destinos.

Justo es reconocer que algo se intentó bajo la nueva dinastía para desarrollar los intereses materiales del país, en cuanto lo consintieron las frecuentes guerras en que nos comprometían los nuevos intereses dinásticos. De entonces datan las primeras carreteras, y las obras hidráulicas recibieron también gran impulso con la construcción, aunque con éxito poco satisfactorio, de los pantanos de Lorca y Valdeinfierno y con los adelantos del canal Imperial, debidos principalmente al tesón del canónigo Pignatelli.



Pero cuando empezaba esta nueva etapa de prosperidad, otra catástrofe política vino á paralizar nuestros esfuerzos. Lo que al rayar el siglo anterior no se atreviera á hacer Luis XIV, lo intentó Napoleón á principios del XIX, y al invadir nuestro suelo los ejércitos franceses, el país entero se levantó en defensa de la santa independencia de la patria.

Terminada la lucha y repuesto en su trono el *legítimo soberano*, cuando más preciso era restaurar nuestra riqueza tan profundamente quebrantada, la nación se vió envuelta de nuevo en discusiones intestinas y persecuciones encarnizadas. El hijo desalmado que no respetó para ascender al trono ni las respetables canas de su padre ni el honor de su madre, se condujo en él como correspondía á sus primeros pasos. Atento sólo á conservar su poder absoluto, descuidó todo lo que pudiera significar cultura y adelanto: disolvió el Cuerpo de Ingenieros de Caminos fundado á fines del siglo anterior y persiguió á muchos por *impurificados;* cerró varias Universidades que no habían desterrado de sí, como la de Cervera, *la funesta manía de pensar;* pero en compensación de tales medidas creó en Sevilla una escuela de tauromaquia. Sin tacto para ser el rey de su pueblo, lo fué sólo de un partido y enconó las pasiones de una y otra fracción, dando origen á la reñida lucha que costó después á España ríos de sangre y torrentes de riqueza.

Á su muerte le sucedió su hija Isabel, en cuyo reinado las obras públicas progresaron considerablemente, continuándose esta labor con creciente, aunque vario empeño, durante el periodo revolucionario y la Monarquía restaurada. Las guerras que han señalado este período, y que de todos son conocidas, no han permitido llevar más adelante la labor pacífica, en la que no hay que olvidar que hemos entrado con más de un siglo



de retraso. En estos últimos tiempos han merecido la preferencia las vías de comunicación, elementos indispensables entonces para la movilización de la riqueza; pero hora es ya de volver la vista á las fuentes de la riqueza misma y de dar á nuestra agricultura las condiciones precisas para llevar su producción al máximo rendimiento posible.

Esa labor, durante cuatro siglos interrumpida, reclama ahora enérgicamente nuestro esfuerzo. Señalóse el principio del siglo XVIII con la guerra de sucesión, el del XIX con la de la Independencia: en paz con los demás pueblos, empecemos el XX la lucha con nuestro propio suelo y con nuestros prejuicios seculares. Es preciso libertar á la voluntad, al entendimiento, á la raza, de la esclavitud en que yacen: la esclavitud de la rutina, de la ignorancia, de la miseria. Para poner al país á la altura de sus vecinos de Europa, ardua empresa se presenta á la generación actual y grave responsabilidad contraería ante los tiempos futuros, si no la emprendiera con ardimiento y decisión. Feliz ella si al declinar pudiera decir á la generación que la suceda: «Por culpas de todos, por fatalidades de la historia, por rigores del clima, una España recibimos pobre y desangrada, pero ansiosa de regenerarse. Ahí la tenéis repuesta de sus debilidades y pronta á entrar con soberano aliento en el concierto universal de las naciones cultas. Nosotros morimos. ¡Viva España!»



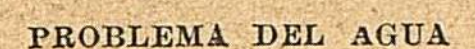

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

APÉNDICE

Breve resumen de la legislación española de Aguas.

Los principios fundamentales que informan nuestra legislación de Aguas, son los contenidos en la ley de 13 de Junio de 1879, de los cuales haremos á continuación un ligero resumen remitiendo al texto legal, y á las disposiciones posteriores que lo han completado, á los que deseen más amplios desarrollos:

Dominio de las aguas.—Pertenecen al dueño del terreno las aguas de lluvia que sobre él caen, las que naturalmente broten de él ó en él permanezcan y las que consiga alumbrar por medio de pozos ordinarios ó artesianos. De éstos, los primeros habrán de distar, sin embargo, 2 metros por lo menos en poblaciones, y 15 en el campo, de los pozos ajenos, mientras que los artesianos, como los socavones y galerías, habrán de distar 100 metros de sus análogos y no causar perjuicio en los aprovechamientos preexistentes. Desde que las aguas superficiales salen de la propiedad donde aparecen, ó que las artificialmente alumbradas son abandonadas por sus dueños á su curso natural, pasan al dominio público; pero los propietarios de las fincas que sucesivamente atraviesan tienen derecho al aprovechamiento eventual de las mismas mientras discurran por su propiedad. Este derecho puede definitivamente consolidarse por el uso no interrumpido durante veinte





años; pero si se trata de los predios inferiores á aquel en que primero apareció el agua, basta haberse anticipado por un año y un día para no poder ser ya privado del aprovechamiento. Las aguas sobrantes deberán salir de la propiedad por el mismo punto por donde primitivamente salieran. (Tít. I, cap. I-IV, art. 1-27. Código civil, libro 2.°, tít. IV, cap. I, arts. 407-408 y 412-419).

Dominio de los cauces.—Pertenecen á los dueños de las fincas atravesadas los cauces de las corrientes discontinuas formadas por las aguas pluviales. Los cauces de los ríos son de dominio público y comprenden la superficie del terreno que cubren las aguas en las mayores avenidas ordinarias; pero además están sujetas á la servidumbre de uso público dos fajas llamadas *márgenes*, situadas á uno y otro lado del cauce, y de un ancho normal de 3 metros, aunque ampliable ó reducible por la forma del terreno, exigencias del uso público ó escasa importancia de la corriente. (Tít. II, cap. V, artículos 28-36. Código Civil, libro 1.°, tít. IV, cap. I, artículos 407-408. Tít. VII, cap. II, art. 553, Real orden de 5 de Septiembre de 1881).

Accesiones.—Los cauces abandonados por los ríos y los acrecentamientos del terreno producidos por el sedimiento de los arrastres, pertenecen al dueño de los terrenos colindantes, dividiéndose por una línea equidistante de ambas márgenes si el río fuera precisamente linde de propiedades diferentes. Las porciones de terreno segregadas de una propiedad, mientras queden distinguibles, siguen perteneciendo á su dueño, pero no ocurre ya lo mismo con las que el río llegue á invadir, las cuales, por este sólo hecho, pasan al dominio público. Los objetos arrastrados por los ríos pasan á propiedad del que los recoge, si no son reclamados por sus dueños en plazo oportuno, debiendo entonces



ser entregados, previo el pago de los gastos de conservación y el derecho de salvamento. (Tít. II, cap. V, artículos 40-51. Código civil, libro 2.°, tít. II, cap. II, artículos 366-374).

Defensa contra las aguas corrientes.—Los dueños de predios colindantes con cauces públicos podrán defender sus heredades, siempre que no causen perjuicios á los aprovechamientos establecidos ú ocasionen inundaciones. Si con las obras se hubiera de invadir el cauce, es preciso autorización del Ministro de Fomento en los ríos navegables y flotables, y del Gobernador en los demás ríos. Si las obras son de alguna consideración, el Ministro de Fomento podrá obligar á los propietarios beneficiados á que contribuyan á las mismas en proporción á las ventajas que reporten, siempre que presten su conformidad la mayoría de ellos, computada por la parte de propiedad que cada uno represente. La defensa de poblaciones ó propiedades públicas, el encauzamiento y limpieza de los ríos navegables y flotables, el estudio del régimen de las corrientes y la población forestal de cuencas y laderas, corresponden á la Administración. (Tít. II, cap. VI, arts. 52-59. Orden de 24 de Julio de 1883).

Desecaciones y saneamientos.—Los dueños de lagunas y terrenos pantanosos podrán ser autorizados para extraer de los terrenos públicos la tierra y piedra indispensables para su saneamiento. Si los dueños son varios, el Ministro de Fomento, previa la conformidad de la mayoría, puede obligar á todos á que costeen colectivamente las obras, pero los propietarios disidentes pueden optar por ceder su parte de propiedad saneable mediante la correspondiente indemnización. Si la laguna se ha declarado insalubre, procede su saneamiento forzoso, debiéndose invitar á ello, en primer lugar, á los propietarios; si la mayoría de éstos se negaran,



podrán concederse las obras á los particulares ó empresas que lo soliciten, los cuales quedarán dueños del terreno saneado, abonando á los antiguos propietarios la suma correspondiente á la capitalización. Si tampoco hubiera empresa que se ofreciera á ejecutar las obras, éstas se llevarían á cabo por cuenta de la Administración. Los terrenos reducidos á cultivo por desecación ó saneamiento, gozarán de las ventajas de los que de nuevo se roturan. (Tít. II, cap. VII, arts. 60-68).

Servidumbres.—Los terrenos inferiores están sujetos á recibir las aguas que naturalmente viertan en ellos los superiores; pero si por obra de hombre se aumentara su caudal, se alterara la pureza de las aguas ó se cambiara de algún modo el estado natural, el dueño del predio sirviente podría reclamar la correspondiente indemnización; no podrá, en cambio, oponer obstáculos á la corriente en perjuicio del predio dominante ó de un tercero. Puede imponerse la servidumbre de acueducto para la conducción ó evacuación de las aguas con fines agrícolas ó industriales, previa tramitación del oportuno expediente, en el que habrá que oir al propietario del predio sirviente; éste podrá oponerse por no ser el peticionario dueño ó concesionario del agua ó del terreno en que se ha de utilizar, ó por poder establecerse la servidumbre sobre otros predios en condiciones menos lesivas. La autoridad competente para otorgar y decretar la servidumbre es el Gobernador de la provincia, pero cabe recurrir en alzada ante el Ministro de Fomento en el plazo de treinta días, y apelar, en su caso, á la vía contenciosa. La duración de la servidumbre podrá exceder ó no de seis años; en este último caso se llama *temporal*, y en el primero se reputa *perpetua;* la ley regula en cada caso la manera de fijar la indemnización, que siempre habrá que abonar al propietario del predio sirviente. Además de la servidumbre de



acueducto puede imponerse también las de estribo de presa, de parada ó partidor, de abrevadero y saca de agua, de camino de sirga, etc. (Tít. III, cap. VIII-IX, artículos 69-125. Código civil, libro II, tít. VII, cap. II, artículos 552-563).

Aprovechamientos comunes de aguas públicas.—Todos pueden extraer agua de los cauces públicos y aun de los pertenecientes á concesionarios particulares, siempre que la extracción se haga á brazo y sin ninguna clase de máquina ó aparato, no se detenga la corriente ni se estropeen las márgenes, aunque este derecho puede ser limitado por la autoridad si de él resultaran perjuicios para el concesionario. Todos tendrán igualmente derecho á pescar ó á utilizar los cauces públicos para la navegación ó flotación, con tal de sujetarse á los reglamentos y disposiciones especiales. (Tít. IV, cap. X, artículos 126-146).

Aprovechamientos especiales: concesiones.—Cuando las aguas hayan de ser aplicadas á usos especiales, que excluyan el aprovechamiento común, es necesaria una concesión que, hecha siempre sin perjuicio de tercero, deberá fijar la naturaleza del aprovechamiento, cantidad de agua concedida y extensión, si es para riegos, de la superficie que se ha de regar. La Administración no responde, en ningún caso, del caudal concedido ni de las alteraciones que pueda experimentar. Toda concesión lleva implícitamente el derecho á ocupar con las obras los terrenos de dominio público necesarios ó de imponer sobre los demás, con igual objeto, la servidumbre ó la expropiación, previo siempre el oportuno expediente. Los cambios de aprovechamiento exigen nueva concesión. El orden de preferencia entre los distintos aprovechamientos es el siguiente: 1.º, abastecimiento de poblaciones; 2.º, abastecimiento de ferrocarriles; 3.º, riegos; 4.º, canales de navegación; 5.º, mo-



linos y otras fábricas, barcas de paso y puentes flotantes; 6.º, estanques para criaderos de peces. Todo aprovechamiento está sujeto á expropiación en favor de otro que le preceda, pero no en favor de los que le sigan. El derecho al aprovechamiento de las aguas se gana ó se pierde por prescripción de veinte años. (Título IV, cap. XI, arts. 147-163. Código civil, libro II, tít. IV, cap. I, arts. 409-411. Real orden de 5 de Junio de 1883 (aguas subterráneas). Instrucción de 14 de Junio de 1883. Orden de 21 de Julio de 1883. Real decreto de 25 de Abril de 1902).

Abastecimiento de poblaciones.—Sólo será aprovechamiento preferente cuando el caudal normal de que la población disfruta no llegue en total á 50 litros por dia y habitante ó que no lleguen á 20 los de agua potable, y, para que la expropiación á particulares proceda, es preciso que no haya aguas públicas que puedan racionalmente aplicarse al mismo objeto. Las concesiones á empresas no podrán durar más de noventa y nueve años, al cabo de los cuales pasarán á la propiedad de los Ayuntamientos, á los cuales compete la reglamentación del servicio que deberá hacerse antes de la concesión, y sólo podrá alterarse después de acuerdo con el concesionario, resolviendo, si hubiera desavenencia, el Ministro de Fomento. (Tít. IV, cap. XI, arts. 164-171).

Abastecimiento de ferrocarriles. — Para aprovechar aguas públicas necesitan las empresas la autorización del Ministro de Fomento ó del Gobernador, según que el gasto exceda ó no de 50 metros cúbicos diarios. Previa también la competente autorización podrán abrir pozos con igual objeto en terrenos públicos ó particulares, en los que el Gobernador puede dar el permiso si el dueño se negare. Si las líneas atraviesan terrenos de regadío podrán las empresas utilizar el agua adscrita al suelo que ocupen, abonando el canon correspondien-



te. Por falta ó insuficiencia de estos medios de procurarse agua, puede recurrirse á la expropiación. (Tít. IV, cap. XI, arts. 172-175).

Riegos.—Los dueños de fincas lindantes con vías ó cauces públicos podrán aprovechar las aguas de lluvia que por ellos discurran, y á este efecto podrán construir en los segundos, si su caudal no es continuo, malecones de tierra ó piedra suelta ó presas móviles ó automóviles. No es preciso para ello autorización especial, pero los dueños quedarán responsables de los perjuicio que causen y obligados á modificar ó suprimir el obstáculo si, por razón de perjuicio público, así se le ordena por la Autoridad local. Las presas permanentes de fábrica necesitan autorización del Gobernador; la construcción de pantanos, la del Gobernador ó del Ministro, según su importancia. En los ríos navegables, los propietarios ribereños pueden sacar con bombas el agua necesaria para sus riegos, pero en los no navegables es necesaria autorización del Gobernador. Cuando por medio de obras permanentes se hubieran de utilizar en riegos más de 100 litros por segundo, precisa autorización del Ministro de Fomento, y si no llega á ese caudal bastará la del Gobernador, pero entendiéndose que éste no puede hacer más que una concesión por cada presa. Las concesiones á propietarios de las tierras regables son á perpetuidad; las concedidas á empresas son por noventa y nueve años á lo sumo, pasados los cuales pasan á ser propiedad de la comunidad de regantes. Las empresas de canales de riego podrán, en los terrenos contiguos á las obras, abrir canteras, recoger piedra suelta, construir hornos de cal, yeso y ladrillo, depositar materiales ó efectos y establecer talleres, previa la fianza de indemnización si pudieran causarse perjuicios á particulares; estarán exentas de los derechos por traslación de dominio ocasionados por



la aplicación de la ley de expropiación y de toda contribución por los capitales que se inviertan en las obras; sus dependientes y operarios tendrán, en los términos municipales en que se hiciese la construcción, la consideración de vecinos para el disfrute de los aprovechamientos comunales. Las contribuciones é impuestos de los terrenos nuevamente regados seguirán computándose por el líquido imponible asignado en el último amillaramiento durante los diez primeros años del riego. El canon de agua es obligatorio si ha sido aceptado por la mayoría de la zona, y si los dueños lo rehusan pueden ser expropiados por su valor de secano. Además del canon, las empresas podrán ser auxiliadas durante un período de cinco á diez años, con el aumento de contribución que los propietarios habrán de pagar después de los diez años de ser regadas; igual beneficio podrá concederse á los propietarios si ellos construyen las obras; pero en uno y otro caso este auxilio tendrá que ser objeto de una ley. La exención de impuesto sobre primera traslación de dominio es aplicable también á las tierras regables. (Tít. IV, capítulo XI, arts. 172-204. Ley de 24 de Junio de 1849. Real orden de 29 de Noviembre de 1850. Orden de 7 de Febrero de 1901. Ley de 27 de Julio de 1883).

Los artículos del 205 al 225 se refieren á los aprovechamientos especiales que siguen á los riegos en orden de preferencia.

Policía de las aguas.—La de las aguas públicas corresponde al Estado y la ejercerá el Ministro de Fomento; en cuanto á las particulares, la Administración vigilará tan sólo para que no se perjudiquen la salubridad pública ni la seguridad de personas y bienes. (Tít. V, cap. XII, arts. 226-227. Reglamento de 16 de Noviembre de 1900. Real orden de 23 de Agosto de 1902).



Comunidades de regantes, Sindicatos y Jurados de riego. Cuando el número de regantes pase de 20 y no baje de 200 el de hectáreas regables, ó cuando lo exigiesen los intereses locales de la agricultura, á juicio del Gobernador, deberá formarse una Comunidad de regantes regida por Ordenanzas formadas por ella con sujeción á las disposiciones legales y aprobadas por el Gobierno, el cual no podrá negar la aprobación ni introducir variaciones sin oir al Consejo de Estado. La Comunidad tendrá un Sindicato elegido por ella y encargado de la ejecución de sus acuerdos. Los gastos acordados por la Comunidad son obligatorios para todos los asociados, entre los que se repartirán equitativamente, pero uno ó más regantes pueden obtener el competente permiso para hacer por su cuenta determinadas obras, y en este caso ellos solos abonarán los gastos, pero ellos solos podrán participar del aumento de caudal que con las obras se obtenga. Las Comunidades y Sindicatos de un mismo río podrán asociarse por convenio mutuo ó por disposición del Ministro de Fomento, á propuesta del Gobernador, si lo exigiesen los intereses de la agricultura. Además del Sindicato habrá en toda Comunidad uno ó más Jurados encargados de resolver las cuestiones de hecho que se susciten con motivo del riego y de imponer las correcciones que corresponda á los infractores de las Ordenanzas. (Tít. V, cap. XIII, arts. 228-247. Real orden de 25 de Junio de 1884 é Instrucción de igual fecha).

Competencia en materias de aguas.—Corresponde á la Administración la formación de reglamentos é instrucciones, la concesión de aprovechamientos que, por disposición expresa de la ley, no corresponda al Poder legislativo, resolver definitivamente las dudas que se susciten en la aplicación de la ley y el apeo y deslinde de cuanto pertenece al dominio público, sin perjuicio



de la competencia de los Tribunales en las cuestiones de propiedad y posesión. Los proyectos que pueden ser aprobados por los Gobernadores se despacharán en el término de seis meses, pasados los cuales los interesados podrán recurrir al Ministro de Fomento, que dictará resolución antes de los cuatro meses. Causarán estado las providencias dictadas por los Ayuntamientos si no se reclama de ellas en el plazo de quince días, las de los Gobernadores si se deja pasar el de un mes, y las de la Administración central después de pasados tres meses. (Tít. V, caps. XIV y XV, arts. 248-256).

Obras subvencionadas.

Ley de auxilios de 27 de Julio de 1883 y Reglamento para su aplicación de 9 de Abril de 1885.—El auxilio puede concederse á las empresas de canales y pantanos de riego que suministren un caudal de agua equivalente, por lo menos, á 200 litros continuos por segundo, y comprende una subvención que no excederá del 30 por 100 del presupuesto del canal ó pantano y acequias principales, y en un premio de 250 pesetas por cada 31.536 metros cúbicos anuales que se inviertan en riego, pero sin que exceda la suma de ambas cantidades del 40 por 100 del presupuesto, aumentado en 100 pesetas por cada hectárea de terreno regable. La concesión se solicitará presentando al mismo tiempo proyecto completo. La resolución final sobre la ejecución y subvención compete al Consejo de Ministros. La concesión se hará por noventa y nueve años y se adjudicará en subasta pública. Las Comunidades de regantes que deseen ejecutar canales ó pantanos pueden ser auxiliadas, cualquiera que sea el caudal de agua invertido, con el 50 por 100 del presupuesto por todos con-



ceptos. La concesión se hará sin subasta y la subvención puede ser en metálico ó en obras. (Ley de 26 de Julio de 1888). También podrá el Gobierno anticipar á la Comunidad el 50 por 100 de los gastos de establecimiento del riego, que deberá ser reintegrado con un 3 por 100 de interés, mediante un canon sobre los terrenos regados. Las Asociaciones de propietarios que presenten un compromiso hipotecario disfrutarán de iguales beneficios que las Comunidades de regantes. Los pantanos y canales estudiados por orden del Gobierno podrán ser sacados á subasta con arreglo á las disposiciones legales ó ser construídos por el Estado, previo el correspondiente proyecto de ley.

Pueden consultarse también los Reales decretos de 30 de Octubre de 1903, por los cuales se encargó el Estado de la construcción de los pantanos de Cueva Foradada (Teruel), de Buseo (Valencia) y de Santa María de Belsué (Huesca), previa la aceptación, por parte de los interesados, de los compromisos que en ellos se mencionan, y que se reducen en definitiva al pago, en condiciones más ó menos ventajosas, del 50 por 100 que según la ley debe quedar de su cargo. Las Juntas de obras que en ellos se mencionan deberán regirse por el Reglamento general aprobado en 27 de Noviembre de 1903.

Ley de 7 de Julio de 1905.—El Estado podrá auxiliar los riegos cuyo caudal no exceda de 200 litros continuos por segundo, con el abono, por una sola vez, de una cantidad que no podrá exceder de 200 pesetas por cada litro continuo y hectárea regada, si se trata de una empresa, ó de 350 si de los dueños del terreno regable, de un Sindicato agrícola ó de un Municipio que se comprometa á ceder gratuitamente el agua á los regantes. En este último caso, si se solicita concesión que exceda de 200 litros, el Estado podrá auxiliar la cons-



trucción de los canales y pantanos necesarios con arreglo á la ley de 27 de Julio de 1883. El abono se hará por certificaciones anuales dentro de las cantidades consignadas en presupuesto, sin derecho á reclamación ni á intereses de demora, y siempre que el riego se establezca dentro del plazo marcado, á contar desde la terminación de las obras, el cual no deberá exceder de seis años.



ÍNDICE



SEGUNDA PARTE

La lucha por el agua.



TERCERA PARTE

La defensa contra el agua.

CUARTA PARTE

Política hidráulica.

APÉNDICE

ERRATAS MÁS IMPORTANTES QUE SE HAN NOTADO

Página.	Línea.	DICE	LÉASE
3	17	al	que el
5	24	hiciera	hicieran
11	10	aires saturados	aires aún no saturados
39	25	material	natural
56	15	hicroscópicas	higroscópicas
80	24	inexplicables	inaplicables
85	20	habrá de	habrá que
123	10	puedan	pueda
129	28	sexuales	sexuadas
154	10	evaluarla	evaluar la vida
191	15-16	regulada	regulado
226	24-25	sedimiento	sedimento











FUNDACION
JUANELO
TURRIANO